

Antero Tuohineva

# LAITEHUONEEN TUULETUKSEN RAKENTAMINEN JA AUTOMATISOINTI

Insinööri (AMK), kone-  
ja tuotantotekniikka

Kevät 2015



KAJAANIN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

# TIIVISTELMÄ

**Tekijä:** Antero Tuohineva

**Työn nimi:** Laitehuoneen tuuletuksen rakentaminen ja automatisointi

**Tutkintonimike:** Insinööri (AMK), kone- ja tuotantotekniikka

**Asiasanat:** Ohjelmoitava logiikka, automatiikka, ilmanvaihto, SMC

Tämän insinöörityön tarkoituksena oli suunnitella Kajaanin ammattikorkeakoulun laitehuoneeseen automatisoitu tuuletusjärjestelmä. Laitehuoneeseen on sijoitettu koulun palvelinkeskus ja aikomuksena on lämmittää huonetta servereiden tuottamalla hukkalämmöllä. Laitehuoneeseen on järjestettävä automatisoitu tuuletusjärjestelmä, jotta lämpötila saadaan pysymään määrättyssä arvossa.

Laitehuoneen tuuletus toteutettiin yhden kattoikkunan ja kahden eri seinäluukun avulla. Optiona ohjausjärjestelmään laitettiin paikka myös puhaltimelle. Luukkujen aukaisu tapahtuu lineaariliikkeen tuottavien moottorien avulla. Ohjausjärjestelmä rakennettiin SMC:n ohjelmoitavan logiikan perustalle. Logiikan ohjelmointi suoritettiin SMC:n omalla PneuAlpha-ohjelmointisovelluksella.

Työ suoritettiin Kajaanin ammattikorkeakoulussa koulun tarjoamilla laitteistoilla. Työssä tehdyt mallinnukset ja 3D-suunnitelmat on luotu SolidWorks-suunnitteluohjelmistolla.

Työ saatiin suunniteltua ja toteutettua määräajassa. Työn toimivuus varmistettiin testauksella ja tulos todettiin toimivaksi ja tarkoituksenmukaiseksi.

## ABSTRACT

**Author:** Antero Tuohineva

**Title of the Publication:** Building and Automating the Ventilation of the Machine Room

**Degree Title:** Bachelor of Engineering, Mechanical and Production Engineering

**Keywords:** programmable logic controller, ventilation, automatism, SMC

The purpose of this thesis has been to design an automated ventilation system for the machine room at the Kajaani University of Applied Sciences. The data center at the school is located in the machine room. The purpose is to warm up the machine room with the waste heat of the servers. There is also a ventilation system for cooling to keep the temperature within a predetermined range.

The ventilation is carried out with one hatch on the roof and two on the walls. There is also an optional place for a blower. The hatches are opened by the means of linear motors. The controlling system is to be built with programmable logic. The supplier for the logic is SMC. The logic has been programmed with SMC's own PneuAlpha programming environment.

The work is done with the equipment that the school already has. The 3D modeling is implemented with SolidWork modeling software.

The work has been designed and implemented within the agreed deadline. The whole system has been tested to ensure that it is working properly.

## SISÄLLYS

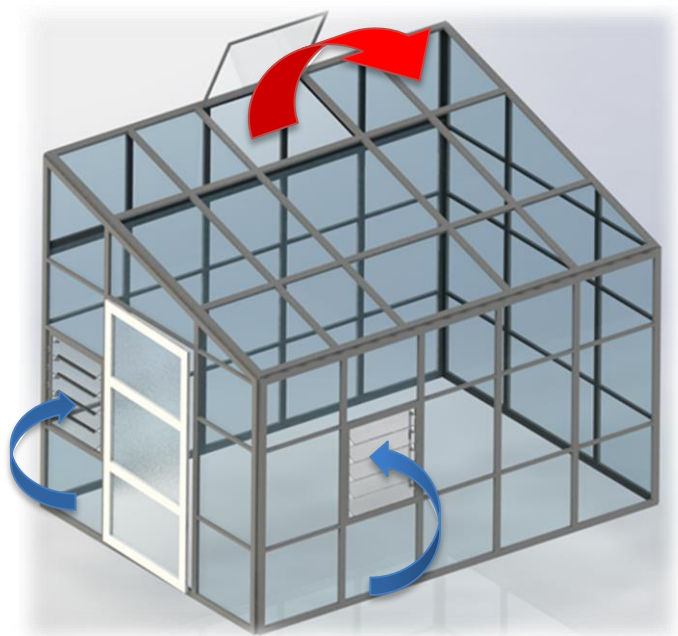
1 JOHDANTO.....	1
2 SERVERIKESKUS JA SEN TUOTTAMA HUKKALÄMPÖ .....	2
3 KONEAUTOMAATIOTEKNIikka.....	3
3.1 Yleistä .....	3
3.2 Ohjelmoitava logiikka .....	3
4 LUUKKUJEN KÄYTTÖTOIMILAITTEVAIHTOEHDOT .....	6
4.1 Karamootorit.....	6
4.2 Sähköpneumaattiset sylinterit.....	7
5 VASTUSLÄMPÖTILA-ANTURI .....	8
6 RAJAKYTKIMET .....	9
7 AUTOMATIIKAN SUUNNITTELU .....	11
7.1 Alustavan tiedon määrittely .....	11
7.1.1 Datan kartoittaminen .....	11
7.1.2 Rajakytkimien määrittely .....	11
7.1.3 Lämpötila-anturin määrittäminen.....	12
7.2 Logiikan valinta ja ohjelmointi.....	14
7.3 Virtalähteen mitoitus.....	17
7.4 Sähkö- ja kytkentäkaavion luominen.....	18
8 MEKANIIKAN SUUNNITTELU .....	20
8.1 Kattoluukun aukaisumekanismin suunnittelu.....	20
8.2 Seinäluukkujen aukaisumekanismin suunnittelu .....	24
9 TYÖN TOTEUTUS .....	26
9.1 Seinäluukkujen mekanismin moottorointi .....	26
9.2 Kattoluukun moottorointi.....	28
9.3 Rajakytkinten asennus .....	30
9.4 Automatiikan kytkeminen .....	32
9.5 Johdotukset.....	33
9.6 Testaus .....	35

10 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU.....	37
11 YHTEENVETO .....	39
LÄHTEET .....	40
LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on osa Kajaanin ammattikorkeakoulun suurempaa projektiluontoista tutkimusta, jossa tutkitaan servereiden tuottaman hukkalämmön hyödyntämismahdollisuutta tilan lämmittämisessä. Lisäksi tutkitaan servereiden suorituskyvyn muutosta suhteessa ympäröivän ilman lämpötilanmuutokseen. Koulun kattoterassille on rakennettu kasvihuone, jossa tutkimus on määrä suorittaa.

Kasvihuoneen ilmanvaihto tapahtuu painovoimaisesti siten, että lämmin ilma nousee kattoluukun kautta ulos ja viileämpi ilma virtaa sisään kahden seinäventtiilin kautta (kuva 1).



Kuva 1. Painovoimainen ilmanvaihto

Tarkoituksena on suunnitella ilmanvaihtoluukkujen aukaisumekanismit siten, että ne on mahdollista avata lineaariliikkeen tuottavilla toimilaitteilla. Toimilaitteiden ohjaus tapahtuu ohjelmoitavan logiikan kautta. Työn tuloksena kasvihuoneeseen saadaan automatisoitu ilmanvaihto. Optiona logiikkaan ohjelmoidaan myös paikka lisätuulettimelle. Ulkoilman lämpötila voi nousta niin suureksi, että painovoimaisen ilmanvaihdon tehokkuus jää riittämättömäksi. Tällöin lisätuuletin kytketään käyttöön.

## 2 SERVERIKESKUS JA SEN TUOTTAMA HUKKALÄMPÖ

Serveri- eli palvelinkeskus on huone, jonne on sijoitettu suuri määrä erilaisia dataa käsitteleviä tietokoneita ja niiden oheislaitteita. Palvelinkeskukset ovat suuria sähköenergian kuluttajia, ja niiden sähkönkulutus kaksinkertaistui Suomessa vuosina 2005–2010. Tämänhetkinen kulutus on noin 0,5–1,5 % koko Suomen sähkönkulutuksesta. [1.] Muun muassa Googlella ja Microsoftilla on suuret palvelinkeskukset Suomessa.

Palvelinkeskusten lämmöntuotto on usein niin suuri, että ne vaativat jäähdytysjärjestelmän ympärivuotisen toiminnan. Tyypillisesti konesalin jäähdytysjärjestelmä kuluttaa 30–50 % koko konesalin käyttämästä sähköenergiasta. [2.]

Yleinen tapa jäähdyttää palvelinkeskusta on kompressorilla toimivan jäähdytyslaitteen ja vapaajäähdytyksen yhdistelmä. Vapaajäähdytyksessä kylmän ulkoilman, maaperän tai veden jäähdytysvaikutus siirretään palvelinhuoneeseen jäähdytysveden avulla. Vapaajäähdytys on hyvin energiatehokasta, sillä etenkin kylmissä olosuhteissa energiaa kuluu ainoastaan veden kierrättämiseen. [2.]

Hukkalämmön hyödyntäminen ja edelleenkäyttö on ollut tutkittu aihe ja erilaisia ratkaisuja on tuotu käytäntöön. Esimerkiksi ruotsalainen Bahnhof AB, internet-palvelintarjoaja hyödyntää konesalinsa hukkalämpöä myymällä sen kunnan sähkölaitokselle. Sähkölaitos jalostaa hukkalämmön sähköksi, jonka jälkeen se päätyy asiakkaille. Yhtiön mukaan sen toimintamalli onnistuu vain, jos serverikeskus sijaitsee kylmällä alueella tiheästi asutussa ympäristössä. [3.] Myös esimerkiksi osa Helsingin ja Espoon kaukolämpöverkon lämpöenergiasta on lähtöisin palvelinkeskuksista.

Mahdollisuudet hukkalämmön hyödyntämiseen vaihtelevat palvelinkeskusten sijainnin, tilojen ja jäähdytysratkaisun mukaan. Kaukojäähdytetyillä konesaleilla on mahdollisuus myydä hukkalämpö energiayhtiöille, joista se päätyy kaukolämpöverkkoon. [2.]

### 3 KONEAUTOMAATIOTEKNIikka

#### 3.1 Yleistä

Automaatiolla ymmärretään yleisesti automaattisten tuotantolaitteiden ja -laitosten suunnittelua ja toteuttamista sekä automaattisten koneiden ja tuotantolinjojen valintaa.

Automaatiotekniikka käsittelee laitteen sisäisiä toimintoja elektroniikan näkökulmasta. Koneautomaatio eli mekatroniikka taas tarkoittaa mekaanisten laitteistojen varustamista elektronisella ohjausjärjestelmällä. Yleensä koneautomaatio yhdistetään kappaleenkäsittelyautomaatioksi, jossa tuotteet liikkuvat kuljettimia pitkin ja niitä lajitellaan, varastoidaan ja pakataan automaattisesti. [4, s. 9.] Koneautomaatio-sovellusten ohjaus toimii usein logiikkaohjauksella.

#### 3.2 Ohjelmoitava logiikka

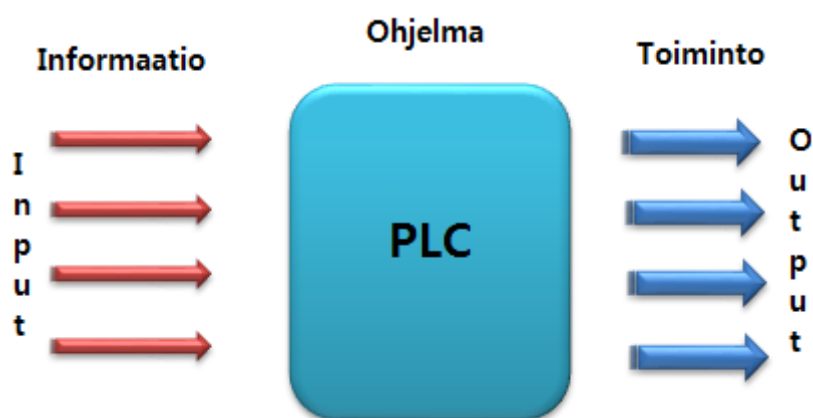
Ohjelmoitava logiikka (Programmable Logic Controller) eli PLC on teollinen tietokone, jota käytetään tuotantolinjojen, konetoimintojen ja automaatioprosessien jatkuvaan ohjaukseen ja valvontaan. Ohjelmoitava logiikka korvaa teollisuudessa uudelleenjohtotuksen tarpeen, sillä pelkästään ohjelmamuutoksilla voidaan tehokkaasti muokata prosessin kulkua ja toimintaa. Ohjelmalla voidaan korvata suuri määrä aikaisemmin käytössä olleita releitä. Nykyisin logiikan lisääminen jo yksinkertaiseenkin järjestelmään on kannattavaa niiden alhaisen yksikköhinnan vuoksi. [1.]

Ohjelmoitava logiikka on mikroprosessoripohjainen laite, jossa on tulo- ja lähtöportteja (Input/Output). Tuloportteihin kerätään tietoa kentällä olevien anturien, kytkimien, venttiilien ym. mittalaitteiden avulla. Tuloportteihin tulevaa informaatiota hyödynnetään logiikkaan tehtävässä sovellusohjelmassa, jossa määritellään ehtoja lähtöporttien kytkeytymiseen (kuva 2). [5.] Sovellusohjelma talletetaan ohjelmamuistiin, joka on yleensä paristovarmennettua RAM-muistia. Kyseinen muisti



myös asettaa rajat sovellusohjelman pituudelle. Logiikan sisäiset toiminnot suoritetaan mikroprosessorilla sekä käyttöjärjestelmällä. Niillä huolehditaan myös viestiliikenteestä logiikan ja oheis- sekä ohjelmointilaitteiden, kuten PC:n, välillä. [6, s. 5]

Logiikkaan kirjoitetun ohjelman selaus PLC-järjestelmässä tapahtuu kiertävästi. Selaus alkaa siten, että kaikkien tulojen ja lähtöjen tila luetaan, ja tulos tallennetaan keskusyksikön erikoismuistiin. Seuraavaksi käydään vuoron perään läpi ohjelmamuistin ohjelmarivit. Luettu tulos käsitellään ja toteutetaan siinä järjestyksessä, jossa ohjelmaa luetaan. [4, s. 244.]



Kuva 2. PLC-periaatekuva

Logiikassa olevat tuloportit voivat olla joko binäärisiä tai analogisia. Binääriset tuloyksiköt sovittavat ulkoisen signaalin logiikan sisäiseen signaalitasoon. Lähtöyksiköt ohjaavat lähdössä olevaa kosketinta sisäisen muistipaikan tilan perusteella. Tila voi olla 0 tai 1. Analogiset yksiköt koostuvat datamuuntimesta, joka muuntaa analogisen viestin digitaalseksi tai päinvastoin. Tyypillinen muuntimen bittimäärä on 12. Tällöin tietty standardiviesti, esim. 0...10 V, voidaan jakaa logiikassa n. 4000 tasoon. [6, s. 5.]

Logiikan ohjelmointi tapahtuu tietokoneeseen asennettavalla ohjelmointisovelluksella. Ohjelmointimuotoina käytetään tyypillisesti tikapuukaaviota, logiikkakaaviota tai käskylistää. Logiikan ohjelman kirjoittamisen voi tehdä ilman logiikkaa, jolloin ohjelma tallennetaan myöhempää logiikkaan siirtämistä varten. Ohjelman testaaminen vaatii tietokoneen ja logiikan välille datayhteyden, jonka kautta ohjelma la-

dataan logiikkaan. Ohjelmointisovellukset sisältävät yleensä erilaisia simulointimahdollisuuksia, joilla voidaan antaa logiikan tuloportteihin keinotekoisia signaaleja ohjelman testaamiseksi. [6, s. 7.]

Ohjelmoitavissa logiikoissa käytetään ohjelmointikieltä, jonka peruselementit koostuvat logiikkaportteista ja muista käskysanoista. Käskysanoilla käsitellään esimerkiksi laskureita, ajastimia tai apumuisteja. Nämä ovat standardisoimattomia komentoja, joten ne saattavat vaihdella eri logiikkavalmistajilla. Yleisesti ottaen voidaan kuitenkin todeta, että jos hallitsee yhden valmistajan logiikkaohjelmoinnin, oppii helposti toisenkin logiikkavalmistajan ohjelmointikielen. [4, s. 244.]

Automaatiojärjestelmille asetetaan usein oikeanlaisen toimivuuden lisäksi seuraavanlaisia vaatimuksia:

- omaisuuden ja henkilöiden turvallisuus
- ohjauksen ja sen aiheuttaman toiminnan yhdenmukaisuus
- helppo huollettavuus

Järjestelmän ja automaatiosovellusten kannalta logiikat ovat erinomaisia käyttövarmuutensa vuoksi. Logiikan kaatuminen verrattuna esimerkiksi tietokoneen käyttöjärjestelmän kaatumiseen on erittäin harvinaista. Tämä on ehdoton edellytys automaatiojärjestelmissä. [4, s. 216.] Toimintavarma ohjausjärjestelmä lisää myös koneturvallisuutta ja vähentää korjaamisen/huollon tarvetta.

## 4 LUUKKUJEN KÄYTTÖTOIMILAITEVAIHTOEHDOT

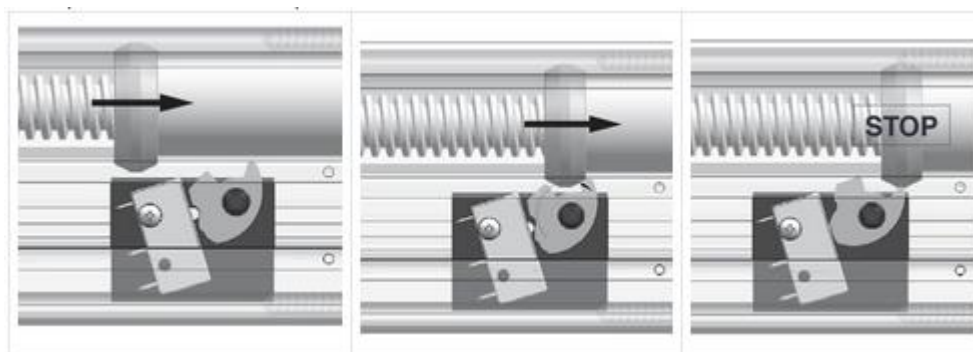
### 4.1 Karamoottorit

Karamoottori on sähkömekaaninen lineaaritoimilaite. Karamoottori synnyttää pyörivästä liikkeestä lineaariliikkeen trapetsiruuvin, kuulamutteriruuvin tai kierretangon välityksellä. Karamoottori on usein varustettu planeetta- tai hammaspyörä-vaihteistolla, jolla saadaan aikaan suurempi vääntömomentti ja pienemmät kierrosnopeudet (kuva 3). [7.]



Kuva 3. Karamoottorin rakenne [5].

Kaupallisiin karamoottoreihin on mahdollista saada varusteena muun muassa sisäänrakennetut rajakytkimet. Esimerkkinä kuvassa 4 näkyy Oem Automaticin LMR 03 -karamoottorin sisäänrakennetun rajakytkimen toimintaperiaate. Rajakytkin mahdollistaa paikkatiedon saamisen karamoottorilta. Paikkatiedolla voidaan määrittää esimerkiksi turvarajat tai liikealueen päätepisteet ottamalla paikkatietosignaali logiikan ohjaussignaaliiksi.



Kuva 4. Sisäänrakennetut rajakytkimet [8].

## 4.2 Sähköpneumaattiset sylinterit

Sähköpneumaattiset sylinterit ovat sähköohjattuja paineilmalla toimivia sylintereitä. Markkinoilla on laaja valikoima erilaisia sylintereitä, kuten vakiosylinterit, männänvarrettomat sylinterit, pyörimättömällä akselilla varustetut sylinterit, lyhytiskusylinterit ja lukkolaitesylinterit. Valikoimista löytyy myös vääntösylintereitä, joilla on mahdollista suorittaa kääntöliike.

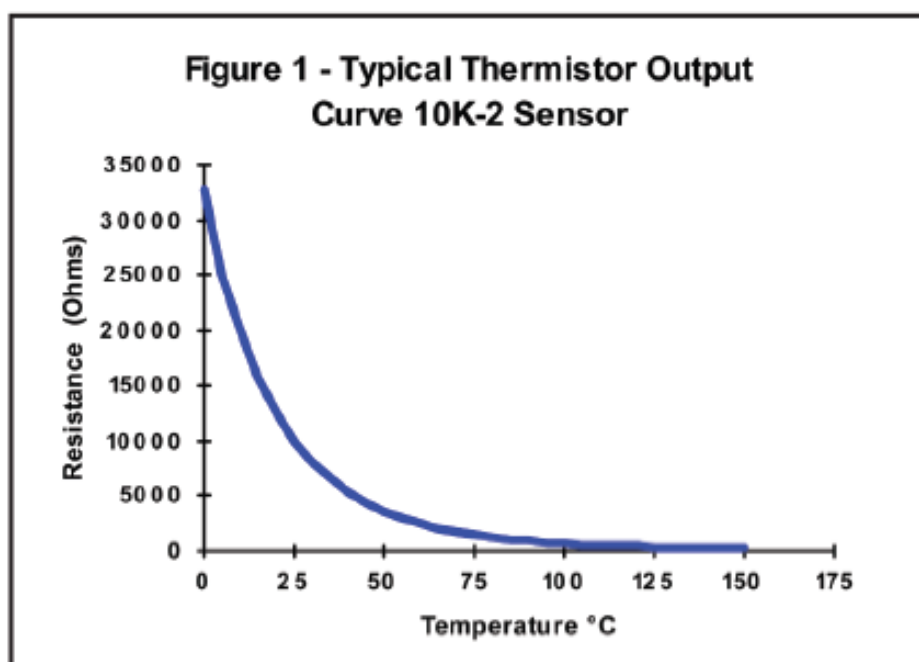
Sylintereihin on mahdollista saada myös sisäänrakennettuja aseman tunnistavia antureita [4, s. 74]. Asema-antureita on mahdollista käyttää paikkatiedon saamiseen tai liikealueen päätepisteiden määrittämiseen käyttämällä niiden signaalia logiikan ohjauksessa.

## 5 VASTUSLÄMPÖTILA-ANTURI

Vastuslämpötila-anturin toiminta perustuu mittauspään resistanssin muutokseen eksponentiaalisesti ympäristön lämpötilan muutoksen mukaan. NTC-vastuslämpötila-anturin (negative temperature coefficient) toiminta perustuu resistanssin pienenemiseen lämpötilan kasvaessa, eli lämpötilakerroin on negatiivinen.

NTC-vastukset ovat keraamisia puolijohteita, jotka koostuvat raskasmetallien oksideista (mangaani, nikkeli, koboltti, kupari, rauta) [9].

Työssä käytettävällä NTC-anturilla päästään  $\pm 0,2$  °C:n tarkkuuksiin 0..70 °C:n lämpötiloissa. NTC-antureiden mitta-alue on noin -50..+150 °C, ja niiden vastuksen lämpötilariippuvuus on voimakkaan epälineaarinen ja noudattaa valmistajan toimittamaa käyrää (kuva 5). [10.]



Kuva 5. NTC-anturin resistanssin riippuvuus lämpötilasta (liite 1 1/2).

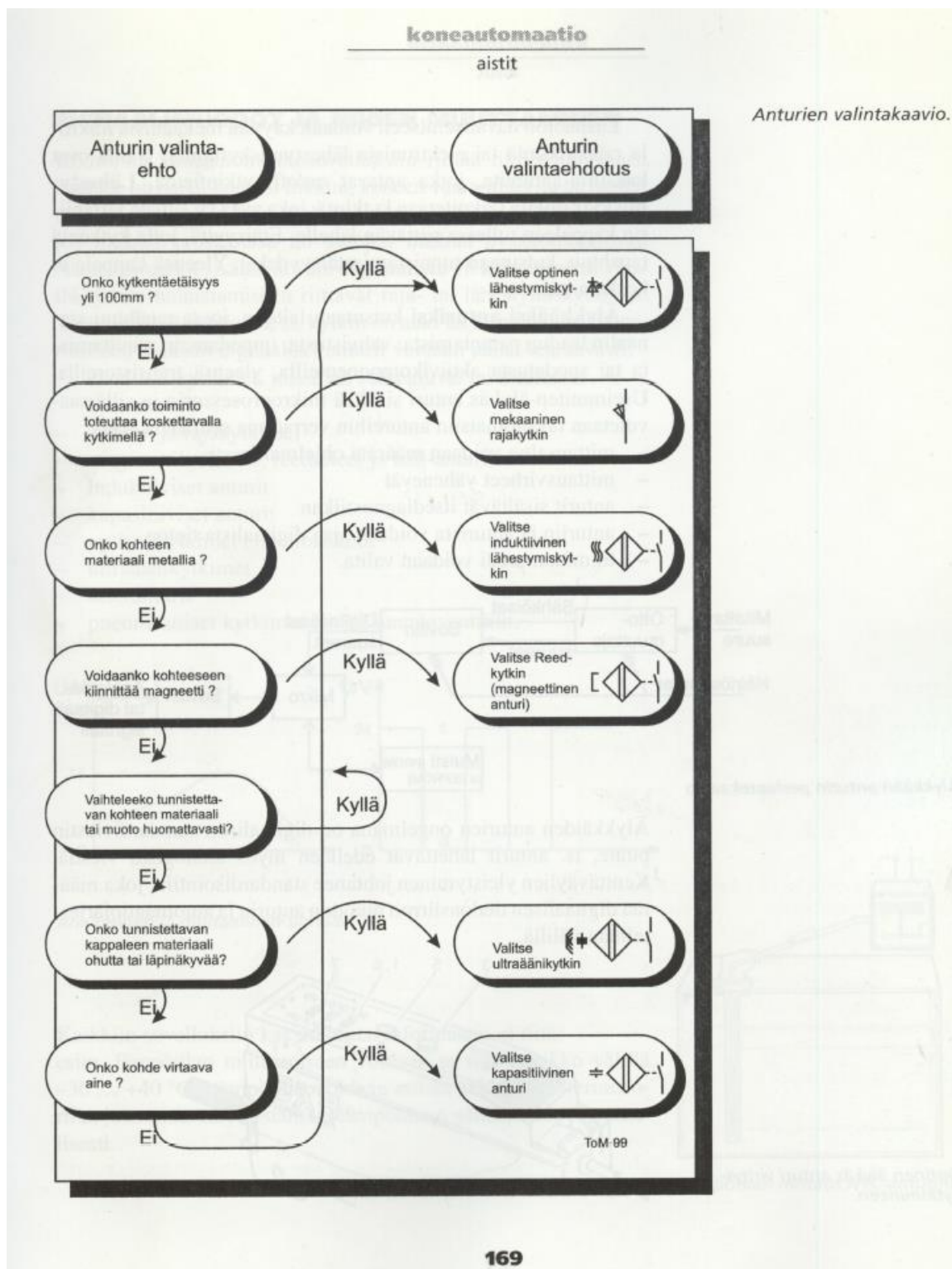
## 6 RAJAKYTKIMET

Rajakytkinvaihtoehdot:

- mekaaninen rajakytkin, joka tunnistaa mekaanisesti kappaleen lähestymisen
- induktiivinen rajakytkin, joka tunnistaa sähköä johtavat kappaleet
- kapasitiivinen rajakytkin, joka tunnistaa kiinteitä kappaleita, nesteitä ja muita juoksevia materiaaleja

Käytettävät materiaalit ovat alumiinia. Induktiivinen, kapasitiivinen, optinen ja mekaaninen kytkin olisivat toimivia. Induktiivinen ja kapasitiivinen kytkin tarvitsisivat kuitenkin suhteellisen pienissä toleransseissa olevan liikkeen. Mekanismi, johon rajakytkin asennetaan, sisältää välyksiä, jotka vaikeuttaisivat niiden kytkemistä. Kapasitiivinen, induktiivinen ja optinen kytkin toimivat ilman kosketusta, mutta tässä työssä kosketuksettomasta tunnistamisesta ei saada varsinaista hyötyä, jolloin mekaaninen rajakytkin on järkevin vaihtoehto.

Kuvassa 6 on anturin valintakaavio. Kaavion perusteella rajakytkimeksi valitaan mekaaninen rajakytkin.



Kuva 6. Rajakytkimen valintakaavio [4].

## 7 AUTOMATIIKAN SUUNNITTELU

### 7.1 Alustavan tiedon määrittely

#### 7.1.1 Datan kartoittaminen

Ilmastointiluukkujen tarkoituksenmukaiseen ohjaukseen tarvitaan reaaliaikaista tietoa kentältä. Ohjaus tarvitsee tiedon luukkujen asemasta. Asennetaan rajakytkimet siten, että ne tunnistavat, milloin luukut ovat sulkeutuneet ja milloin avautuneet.

Toinen ohjauksen vaatima tieto on analoginen jänniteviesti lämpötilatiedosta. Työssä käytetään edellä kuvattua NTC-vastuslämpötila-anturia. Ohjelmaan asetetaan lämpötilan ylä- ja alarajat, jotka määrittävät, milloin luukkujen tulee avautua ja sulkeutua. Ylä- ja alarajan erotus tulee olla riittävän suuri, jotta mittauksen epätarkkuus voidaan kompensoida siten, että rajat eivät mene päällekkäin.

#### 7.1.2 Rajakytkimien määrittely

Rajakytkimiksi valittiin mekaaniset rajakytkimet. Työssä käytetään kuvassa 7 näkyviä Honeywellin rajakytkimiä. Kytkimen tarkemmat tekniset tiedot ovat liitteessä 5.

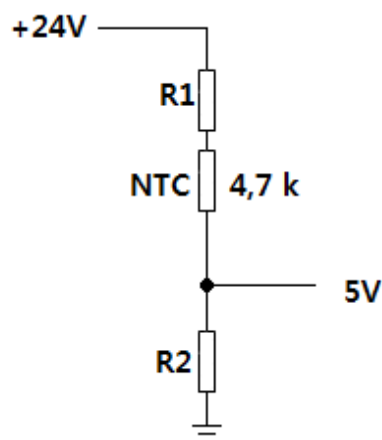




Kuva 7. Rajakytkin [11].

### 7.1.3 Lämpötila-anturin määrittäminen

Työssä käytetään 4k7 NTC-vastuslämpötila-anturia. Kyseisen anturin resistanssi on  $4700\ \Omega$  lämpötilassa  $+25\ ^\circ\text{C}$  (liite 1 2/2). Käytössä oleva logiikka ymmärtää analogista jänniteviestiä välillä 0–10 V. Kytetään anturille etuvastukset kuvan 8 mukaisesti siten, että anturin tuottamaksi jänniteviestiksi saadaan noin 5 V lämpötilan ollessa  $+25\ ^\circ\text{C}$  ja ohjausjännitteen ollessa 24 V.



Kuva 8. NTC-anturin jännitejakokaavio.

Vastukset lasketaan kaavalla 1.

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2 + NTC} \times 24V \approx 5V \quad (1)$$

Vastukset R1 ja R2 määritetään haarukoimalla, siten että kaavaan sijoitetaan satumanvaraisesti erilaisia vastusarvoja. Haarukoimalla saatiin seuraavat arvot:

$$\frac{5500}{5500 + 12000 + 4700} \times 24V = 5,95V \quad R1: 12\,000\,\Omega, R2: 5500\,\Omega$$

Seuraavaksi laskettiin jänniteviestin suuruus lämpötiloissa, jotka asetetaan järjestelmään raja-arvoiksi. Alarajalla luukut sulkeutuvat ja ylärajalla luukut avautuvat.

Alarajaksi asetetaan +23 °C, jolloin anturin vastusarvo on 5,2 kΩ (liite 1 2/2). Ylärajaksi asetetaan +27 °C, jolloin anturin vastusarvo on 4,2 kΩ (liite 1 2/2).

Jänniteviestin suuruus alarajalla:

$$\frac{5500}{5500 + 12000 + 5200} \times 24V = 5,8V$$

Jänniteviestin suuruus ylärajalla:

$$\frac{5500}{5500 + 12000 + 4200} \times 24V = 6,1V$$

Käytössä oleva logiikka muuttaa analogisen jänniteviestin 0-10 V digitaalseksi viestiksi välillä 0–250. Muutetaan ylä- ja alarajaksi saadut jännitteet tähän muotoon kaavalla

$$\frac{250}{10V} \times \text{jänniteviesti}(V) = x$$

Alarajaksi saadaan:

$$\frac{250}{10V} \times 5,8V = 145$$

Ylärajaksi saadaan:

$$\frac{250}{10V} \times 6,2V = 153$$

## 7.2 Logiikan valinta ja ohjelmointi

### Logiikan valinta

Logiikan valintaan vaikuttavia asioita ovat:

- ohjattavien laitteiden ja kerättävän informaation määrä
- käyttäjälle annettavan informaation määrä
- turvallisuusnäkökohdat
- järjestelmän muutostarpeet [4.]

Tässä työssä kerättävän informaation määrä rajoittuu lämpötilatietoon, sekä luukkujen asematietoihin jotka saadaan rajakytkimiltä. Ohjelman muutostarve voi tulla kyseeseen säädettäessä lämpötilan raja-arvoja tai esimerkiksi luukkujen aukeamisjärjestystä.

Logiikaksi valikoitui koululla oleva SMC:n ECC-PNAL-20MT-D 24V DC. Logiikassa on 8 transistorilähtöä sekä 12 tuloa (positiivinen tai negatiivinen), joista 8 on analogisia. Analoginen jänniteviesti 0–10 VDC muutetaan logiikassa digitaalseksi välillä 0–250. Analogista jänniteviestiä on mahdollista käsitellä vahvistuskertoimella eli Gain-funktiolla, joka kertoo digitaaliset arvot siirtäen arvoasteikon nollapistettä (offset). Tämä toiminto on tarpeellinen silloin, kun analoginen jänniteviesti menee logiikan digitaalisen arvoasteikon 0–250 ulkopuolelle (taulukko 1.) Tässä työssä Gain-funktion tarve poistettiin asettamalla lämpötila-anturille sopivat etuvastukset. Etuvastuksilla jänniteviesti saatiin suoraan halutulle arvoalueelle.

Logiikka sisältää myös reaaliaikaisen kellofunktion, etupaneeliohjelmointimahdollisuuden, 1500 tavun muistin, 100 tuntia paristovarmennettua muistia sekä fieldbus -tehdasväyläänkytkentämahdollisuuden. [12].

Taulukko 1. Analogiset tuloportit [12.]

Kuvaus	Analogisten tulojen tekniset tiedot
ECC-PNAL-10M*-D	6 kanavaa: I01 – I06
ECC-PNAL-20M*-D	8 kanavaa: I01 – I08
Tulojen arvoalue	0 – 250
Resoluutio	10000 / 250 mv
Muunnosnopeus	10 ms
Tulon jännitealue	0 – 10V DC
Tulon impedanssi	150 kOhm tai enemmän
Tarkkuus	+/- 5% (0,5V DC)
Siirtymä / vahvistus	Siirtymän arvo = 0 kun 0V DC Vahvistuksen arvo: 0 – 10 = 0 – 250
Lämpötilasiirtymä	+/- 3 LSB

Logiikan lähtöportit ovat transistorikytkimiä. Taulukosta 2 nähdään, että lähtöporttien induktiivinen maksimikuorma on 1 A / 24 VDC. Kyseinen arvo ylittyy luukkujen aukaisuun käytettävillä sähkömoottoreilla, joten lähtöporteilla täytyy ohjata releitä joiden kautta moottorien käyttövirta syötetään.

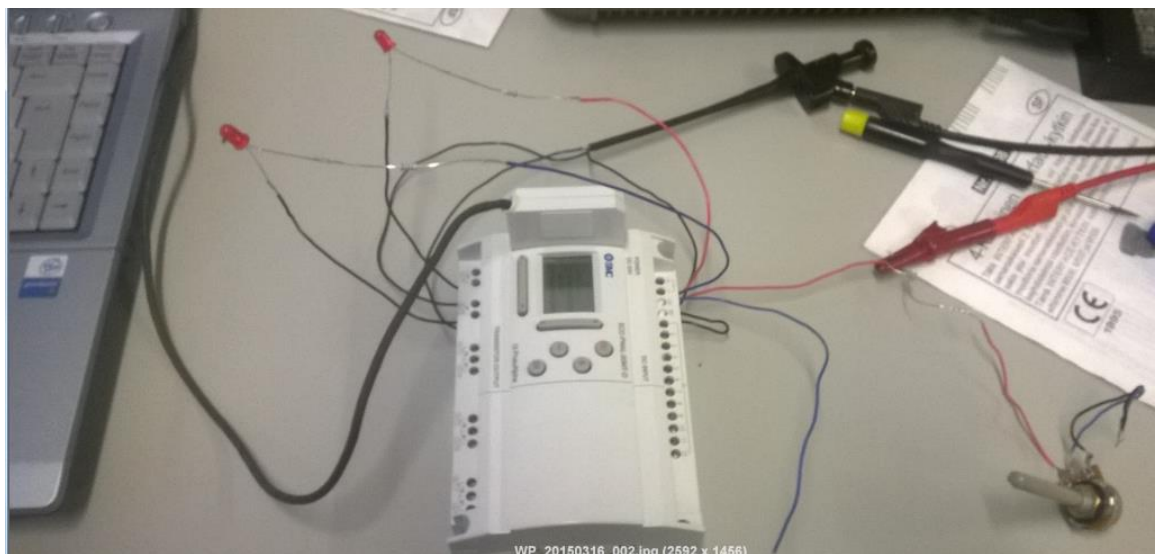
Taulukko 2. Lähtöportit [12].

Kuvaus	Transistorilähtöjen tekniset tiedot
Kytkevä jännite	5 – 24V DC (+20%, -5%)
Nimellisvirta / lähtö	1A/lähtö (8 – 24V DC), 0,1A/lähtö (5 – 8V DC)
Minimikuorma	1,0mA
Maksimi induktiivinen kuorma	1A/24V DC (24W)
Maksimi resistiivinen kuorma	0,125A/24V DC (3,0W)
Vasteaika ON/OFF, OFF/ON	≤ 1ms
Avoimen piirin vuotovirta	≤ 0,1mA/24V DC
Toimintojen näyttö	Nestekidenäyttö
Piirin eristys	Ei ole

## Logiikan ohjelmointi

Logiikka ohjelmoidaan mukana tulleella Windows-pohjaisella PneuAlpha-ohjelmalla. Ohjelmointialustana toimii kenttä, jossa vasemmalla puolella ovat tuloportit ja oikealla puolella lähtöportit. Porttien väliin rakennetaan ohjelma, joka sisältää tarvittavat funktiot ja ehdot.

Logiikkaan luotiin ohjelma ja ohjelman toimivuutta simuloitiin ledien avulla ennen lopulliseen kokoonpanoon sijoitusta (kuva 9). Ohjelma on luettavissa liitteessä 4.



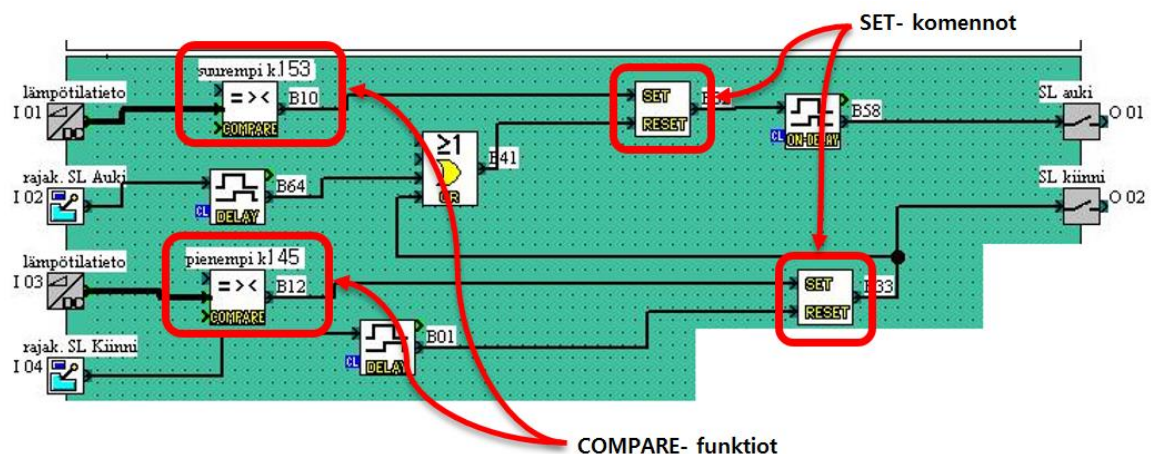
Kuva 9. Ohjelman simulointia

Ledien avulla huomattiin, että muuttuessaan lämpötilatieto heilahteli määrätyn raja-arvon molemmiin puolin ennen kuin siirtyi kokonaan rajan yli. Lämpötilatiedon heilahtelu aiheuttaa ledille syötettävän virran värinää, eli jatkuvaa virran katkeamista ja sammumista. Virran epäsäännöllisyys rasittaa sähkömoottoria, joka tulee lopulliseen kokoonpanoon ledin tilalle.

Ongelma ratkaistiin asettamalla lämpötilatieto ohjaamaan SET-komentoa, joka jättää kyseisen lähtöportin ON arvoon heti ensimmäisellä anturin antamalla pulssilla. ON-arvo pysyy niin kauan, että luukku on auki/kiinni ja rajakytkin antaa RESET-käskyn SET-komennolle (kuva 10).

Lämpötilatieto tuodaan logiikkaan jänniteviestinä. Jännite muutetaan logiikassa edellä kuvatulla tavalla digitaalseksi, jonka avulla asetetaan ehtoja lähtöjen kytkeytymiselle.

Seinäluukkujen aukaisua ohjaava lämpötilan jänniteviesti tulee IO 1:een ja sulkeutumista ohjaava jänniteviesti IO 3:een. Asetetaan lämpötilatiedolle funktio COMPARE, joka kytkeytyy ON-asentoon, kun jänniteviesti ylittää sille annetun raja-arvon. Funktion kytkeytyessä sitä vastaava lähtö kytkeytyy ja aukaisutoimilaite aktivoituu. Kattoluukun aukeaminen tulee tapahtua  $+27\text{ °C}$ :ssa, jolloin raja-arvoksi laitetaan laskemalla saatu arvo  $\geq 153$ . Luukkujen sulkeutumista ohjataan samalla tavalla. Sulkeutumisen raja arvo  $+23\text{ °C}$  vastaa digitaalista arvoa 145. Asetetaan kyseinen arvo COMPARE funktioon siten, että funktio kytkeytyy ON- asentoon kun arvo on  $\leq 145$  (kuva 10). Kattoluukun ohjaus tapahtuu vastaavalla tavalla.



Kuva 10. COMPARE- ja SET-funktiot

### 7.3 Virtalähteen mitoitus

#### Moottorien virtalähteet

Kaikki luukut avataan omilla moottoreillaan. Moottorit ovat 12 VDC tasavirtamoottoreita. Moottoreiden kierrosnopeudet ovat  $12\text{ V} / 30\text{ RPM}$  ja  $6\text{ V} / 15\text{ RPM}$ . Tarkemmat tekniset tiedot ovat liitteessä 3. Seinäluukkujen avaamisessa riittävä kierrosnopeus on 15 RPM. Kokeellisesti mitattuna moottorin ottama maksimivirta oli 1,8 A. Tällöin kolme moottoria tarvitsee maksimissaan  $3 \times 1,8\text{ A} = 5,4\text{ A}$  virtaa.

Virtalähteeksi valitaan muuntaja, joka tuottaa 13 V jännitteen ja 6 A virran. Seinäluukkujen moottorit kytketään sarjaan, jolloin jännite on  $13 \text{ V} / 2 = 6,5 \text{ V}$ . Tällöin pyörimisnopeus on 15 RPM, joka on käyttötarkoitukseen riittävän suuri.

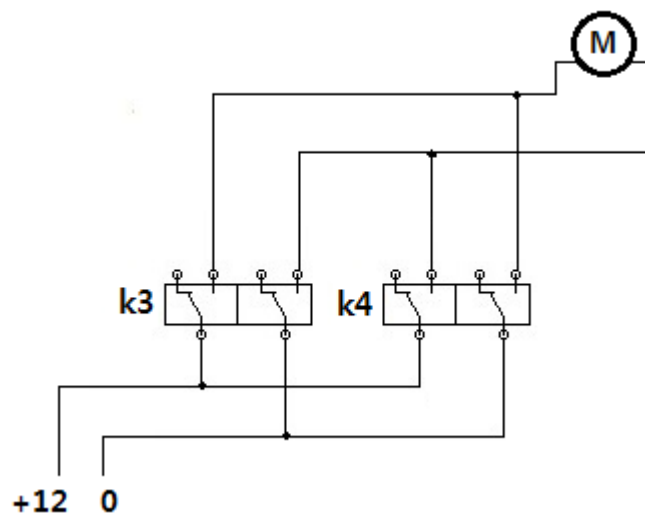
Logiikan virtalähde

Logiikan käyttöjännite on 24 VDC ja maksimiteho 5 W. Virtalähteeksi valittiin Nordic Powerin SA 130B-24U, jonka maksimiteho on 30 W ja jännite 24 VDC.

Virtalähteen tarkemmat tiedot ovat liitteessä 6.

#### 7.4 Sähkö- ja kytkentäkaavion luominen

Moottoreiden suunnanvaihto tapahtuu kuvan 11 mukaisen relekytkennän avulla. Kytkennässä käytetään kahta kaksikontaktista vaihtorelettä. Releitä ohjataan vuorotellen logiikan avulla. Releiden yhtäaikainen toiminta aiheuttaisi oikosulun, mutta tämä on estetty ohjelmassa reset-toiminnolla. Kelan k3 vetäessä kelan k4 ohjausta resetoidaan siten, ettei sen kytkeytyminen ole mahdollista. Myös suunnanvaihdolle on asetettu ohjelmassa aikaviive, jolloin estetään mekaanisista viiveistä mahdollisesti johtuva yhtäaikainen releiden päälläolo.



Kuva 11. Suunnanvaihto relekytkennällä

Työtä varten laadittiin kytkentäkaavio logiikan ja toimilaitteiden kytkemiselle. Rajakytkimiltä ja lämpötila-anturilta tulevat signaalit kytketään suoraan logiikan tuloportteihin. Tuloporttien tieto siirtyy ohjelmaan. Tuloporttien ehtojen täytyessä logiikka ohjaa lähtöportteja.

Lähtöporteilla ohjataan kaksikontaktisia releitä, joiden kautta ohjataan virta luukujen aukaisumoottoreille. Logiikan virrankesto on niin pieni, että toimilaitteiden käyttövirtaa ei voi syöttää sitä kautta, vaan virta täytyy syöttää erillisten releiden kautta toisella virtalähteellä.

Kytkenäkaavio on luettavissa liitteessä 2.



## 8 MEKANIIKAN SUUNNITTELU

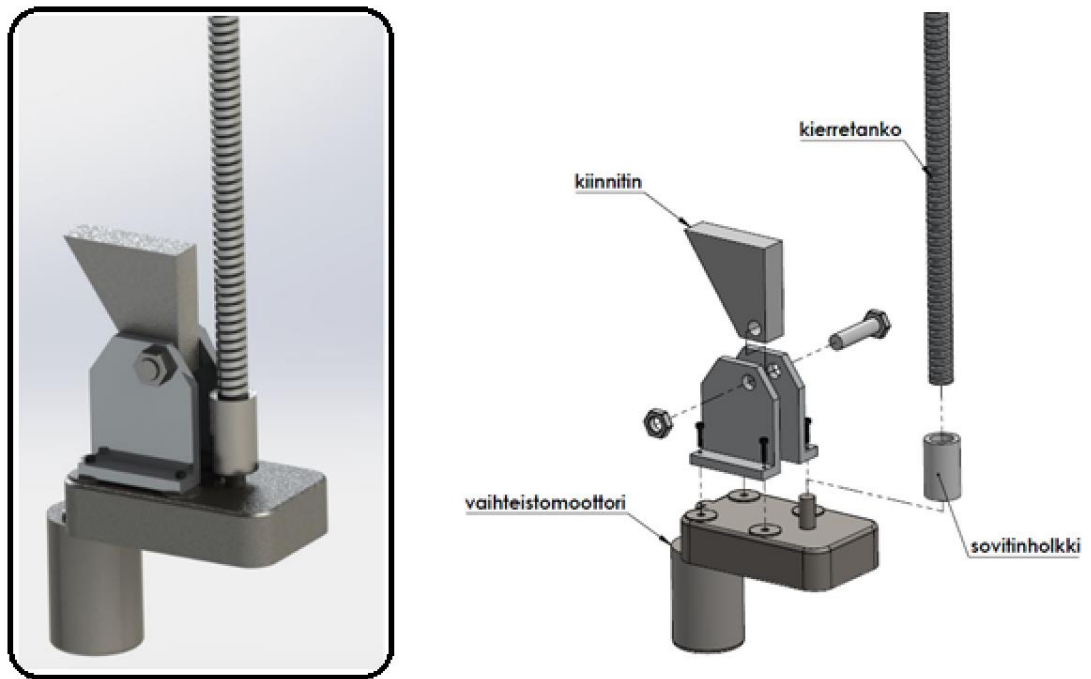
### 8.1 Kattoluukun aukaisumekanismin suunnittelu

Kattoluukun mekanismin tulee olla mahdollisimman yksinkertainen ja luotettava. Mekanismi pyritään rakentamaan siten, että kasvihuoneen sisään jäävä vivusto ja sen liikerata vie mahdollisimman vähän tilaa. Kattoluukun aukaisu päädyttiin toteuttamaan karamoottorilla. Sähköpneumaattisen sylinterin ohjaaminen olisi monimutkaisempaa ja vaatii enemmän komponentteja, kuten sähköohjatut venttiilit ja paineilman.

Mekanex Oy:llä on markkinoilla karamoottoreita, jotka olisivat kyseiseen käyttötarkoitukseen sopivia ja markkinoiden edullisimmasta päästä. Mekanex Oy:ltä pyydettiin tarjous liitteen 7 mukaisesta karamoottorista. Moottorin hinta kohoaa kuitenkin niin suureksi, että karamoottori päätettiin valmistaa itse Bebek Oy:ltä löytyneestä käyttötarkoitukseen sopivasta vaihteistomoottorista.

Tarkoituksena on saada aikaan vaihteistomoottorin pyörivästä liikkeestä lineaariliike. Vaihteistomoottoriin sorvataan sovitinholkki kierretangolle (kuvat 12 ja 13). Moottorin tarkemmat tekniset tiedot ovat liitteessä 3.

Karamoottorille rakennetaan kuvassa 12 esitetty kiinnitysmekanismi kasvihuoneeseen kiinnittämistä varten. Kiinnitys tapahtuu kasvihuoneen sisäkattoon kuvassa näkyvällä kiinnittimellä.

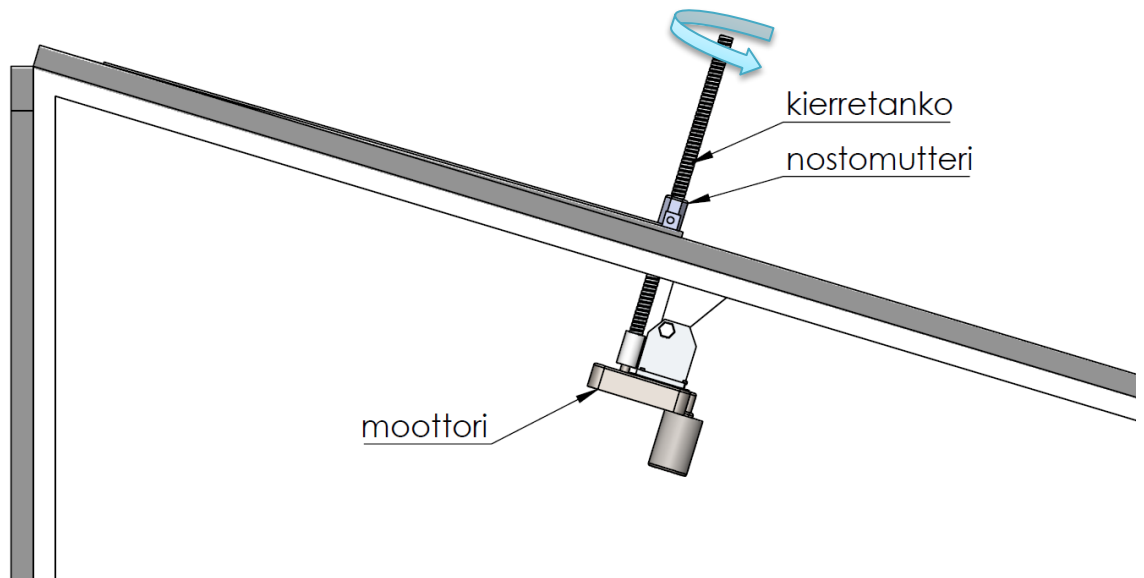


Kuva 12. Karamoottorin suunnittelu



Kuva 13. Sovitinholkin valmistusta

Kattoluukku avataan edellä kuvatulla karamoottorilla. Kierretanko pyörii nostomutterin sisällä, jolloin mutteri kiipeää kierretankoa pitkin ja kattoluukku aukeaa (kuva 14 ja 15). Kattoluukun laskeminen tapahtuu kääntämällä moottorin pyörimissuuntaa.

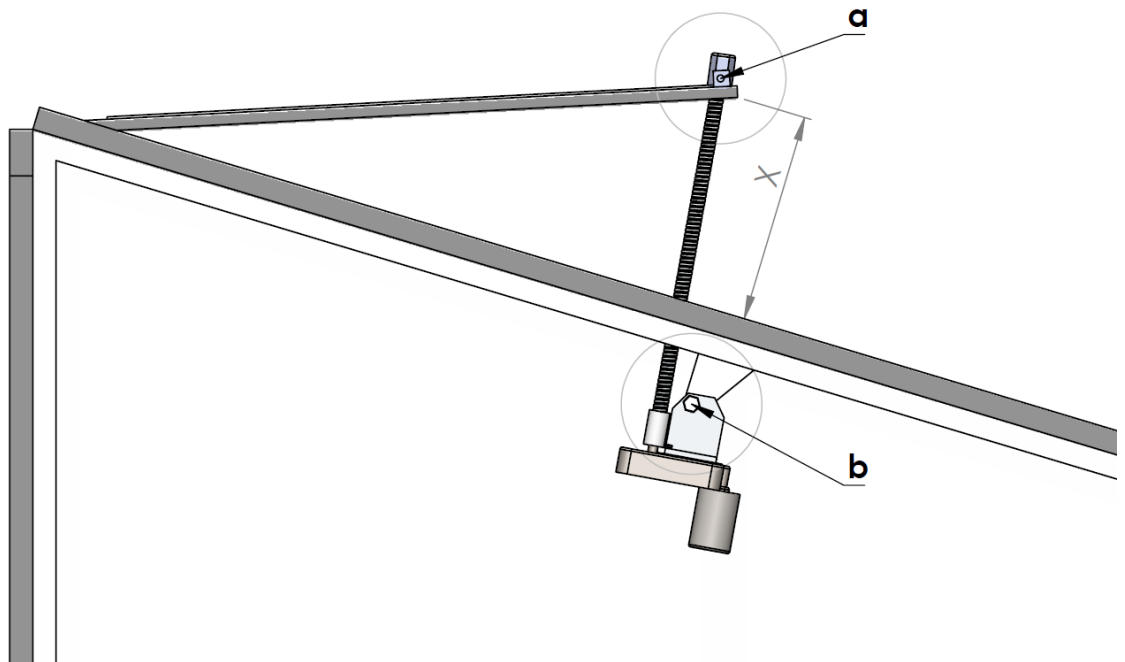


Kuva 14. Karamoottorin toiminta



Kuva 15. Kattoluukun toimintaperiaate

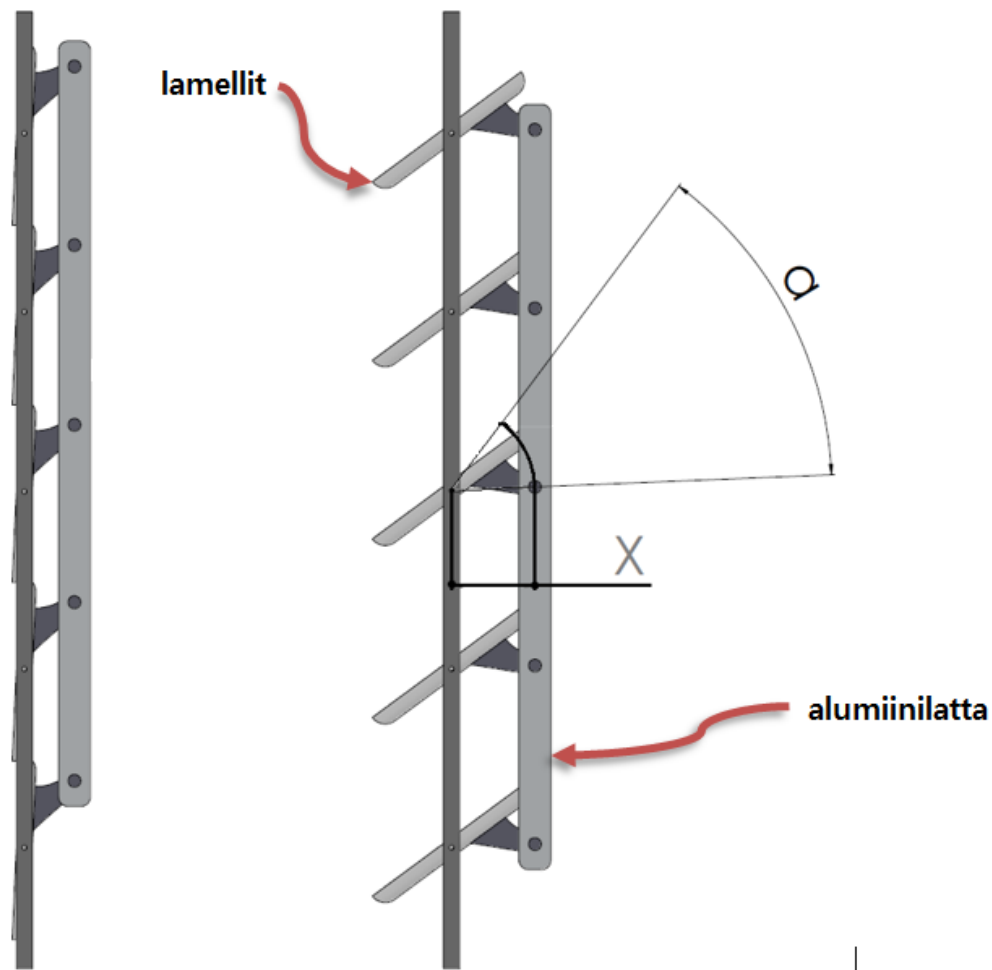
Nostomutteri ja moottori on nivelöity siten, että ne pääsevät kiertymään akseleiden a ja b ympäri. Tämä mahdollistaa mekanismin liikeratojen toimimisen. Kattoluukun avautumismaksimi X määrittelee kasvihuoneen sijoituspaikka. Kasvihuoneen yläpuolella on rakenteita, jotka estävät kattoluukun aukeamista siten, että avautumismaksimi tulee rajoittaa  $X = 300 \text{ mm}$  (kuva 16). Kattoluukun sulkeutumista ja avautumista kontrolloidaan rajakytkimillä. Rajakytkimet ohjaavat logiikan katkaisemaan virransyötön luukun saavuttaessa ääriasentonsa.



Kuva 16. Kattoluukun mekanismi ja liikeradat

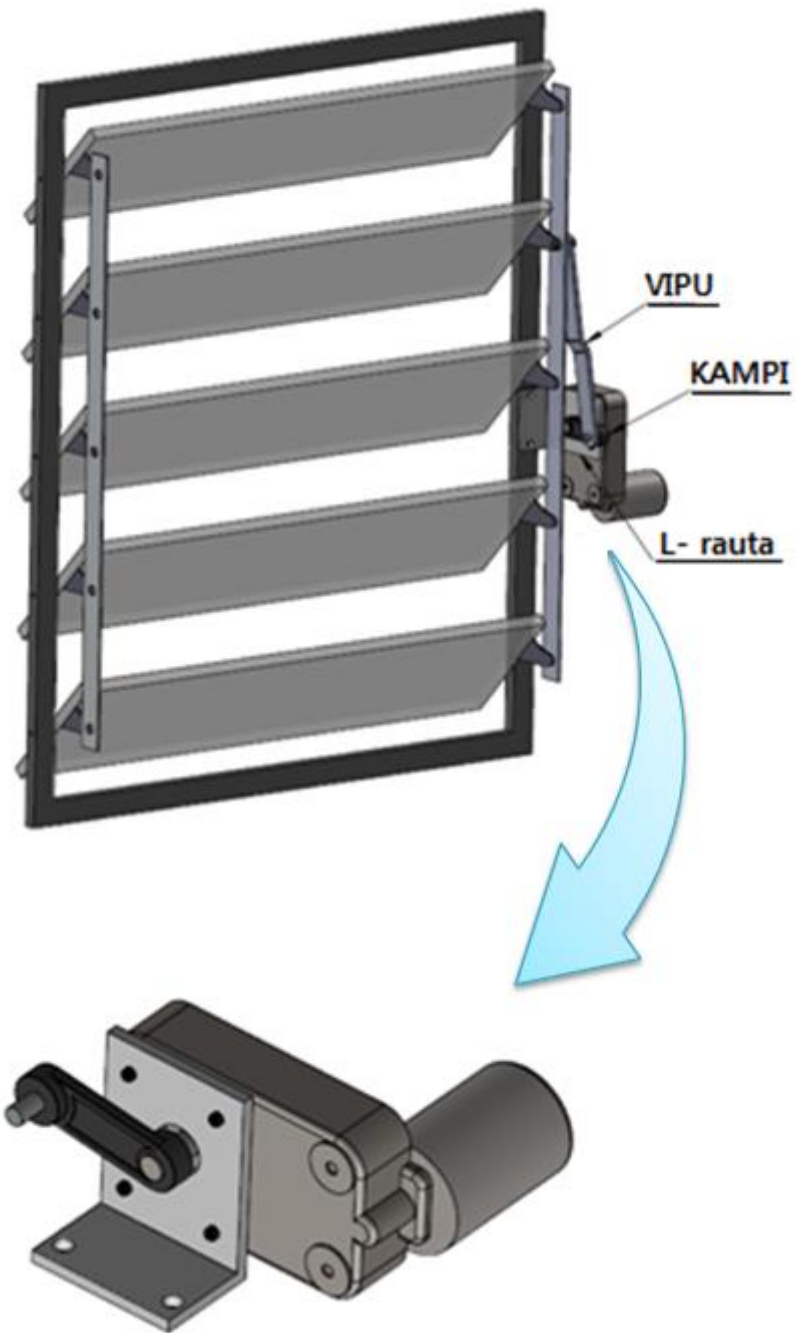
## 8.2 Seinäluukkujen aukaisumekanismin suunnittelu

Seinäluukku sisältää viisi lamellia, jotka on saranoitu luukun kehyksiin, levyt on yhdistetty toisiinsa alumiinilattalla. Liikutettaessa alumiinilattaa kulman  $\alpha$  verran säteellä  $X$  aukeavat lamellit ja ilma pääsee virtaamaan (kuva 17).



Kuva 17. Seinäluukun mekanismi ja liikeradat

Lamellien liikuttamiseen päätettiin käyttää kammellista vaihteistomoottoria, joka kiinnitetään luukun kehyksiin L-raudalla (kuva 18). Aukaisuvivustoon asennetaan mekaaniset rajakytkimet siten, että ohjaava logiikka saa tiedon, milloin luukut ovat auki ja milloin ne sulkeutuvat. Logiikka katkaisee virransyötön saatuaan tiedon rajakytkimeltä luukkujen sulkeutumisesta/avautumisesta.



Kuva 18. Seinäluukun moottorin kiinnityksen mallinnus

## 9 TYÖN TOTEUTUS

### 9.1 Seinäluukkujen mekanismin moottorointi

Seinäluukun aukaisua kokeiltiin testimielessä auton keskuslukon moottorilla. Kyseinen moottori oli kuitenkin liian nopea ja voimaton, jotta luukkujen hillitty aukeaminen olisi ollut mahdollista toteuttaa (kuva 19).



Kuva 19. Keskuslukon moottorin kokeilua

Seinäluukkujen aukaisu toteutettiin suunnitellusti kammellisella vaihteistomootorilla. Moottori asennettiin luukun kehyksiin L-raudalla (kuva 20).



Kuva 20. Seinäluukun moottorin kiinnitys

Moottorille tehtiin alumiinista työntötanko, jonka välityksellä lamellit avataan (kuva 21).

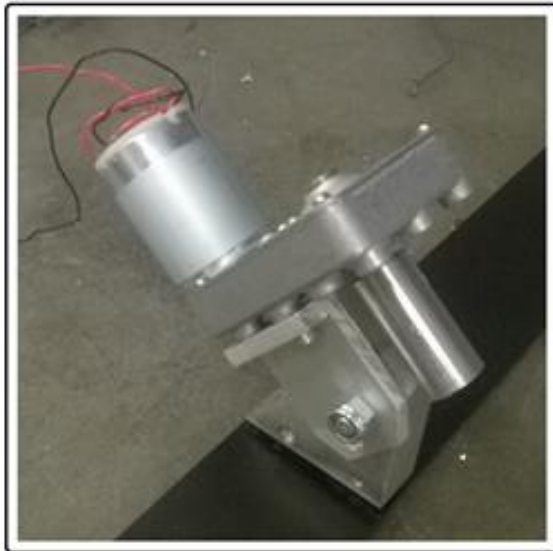


Kuva 21. Seinäluukun vivusto



## 9.2 Kattoluukun moottorointi

Kattoluukun karamoottorin kiinnikkeet valmistettiin ammattikorkeakoulun protopajalla. Materiaalina käytettiin alumiinia, jonka etuja ovat keveys ja helppo työstettävyys (kuva 22).



Kuva 22. Karamoottorin kiinnikkeet

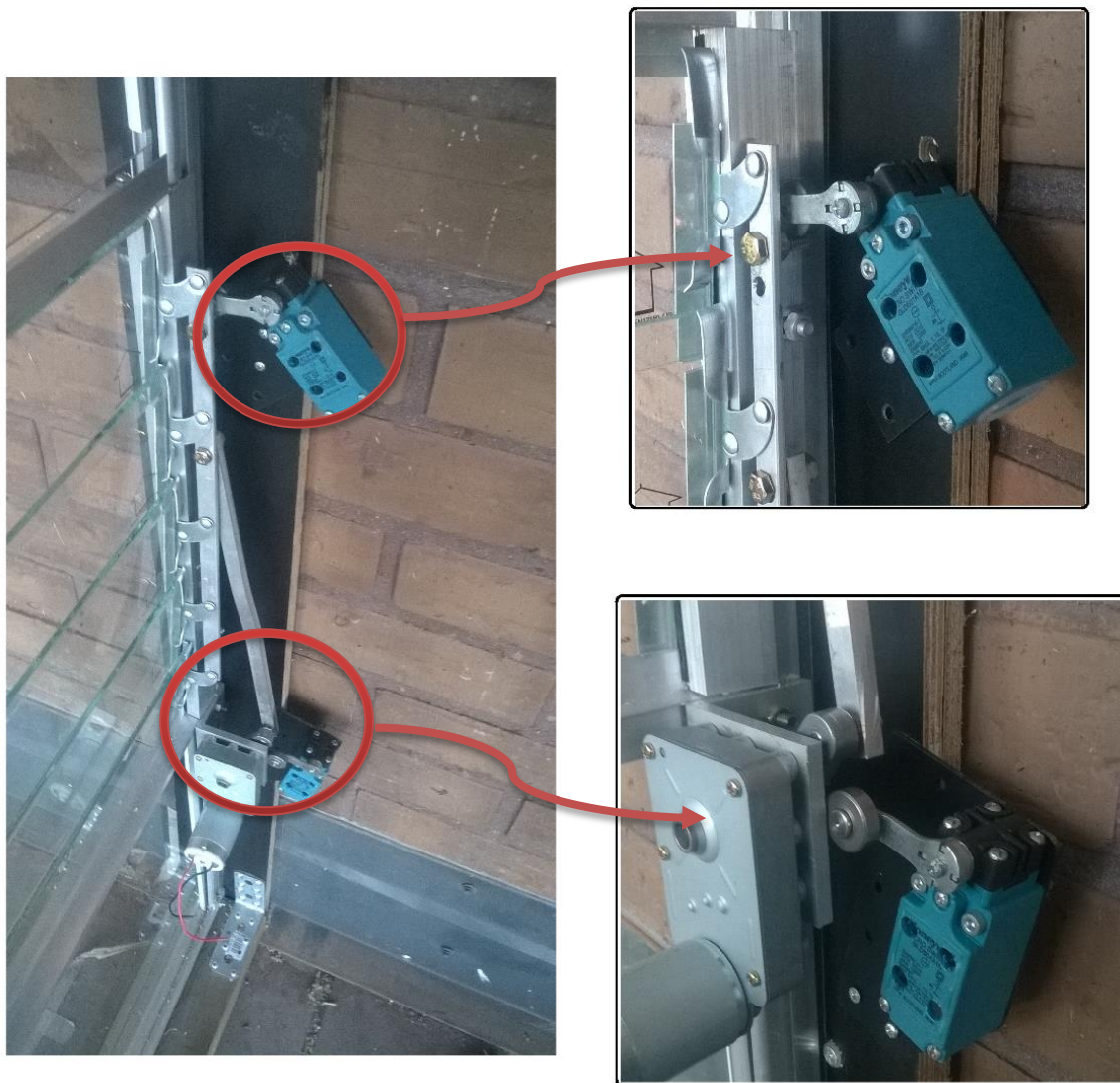
Karamoottori kiinnitettiin kuvan 23 mukaisesti kattorakenteisiin. Kiinnityksen yhteydessä tarkastettiin liikeradan toimivuus.



Kuva 23. Karamoottorin kiinnitys kattorakenteisiin

### 9.3 Rajakytkinten asennus

Kuvassa 24 näkyy seinäluukkujen rajakytkinten asennus. Rajakytkimet asennettiin siten, että kytkinten hienosäätäminen on mahdollista.



Kuva 24. Seinäluukun rajakytkinten asennus

Kuvassa 25 ja 26 näkyy kattoluukun rajakytkinten asennus.



Kuva 25. Kattoluukun rajakytkin

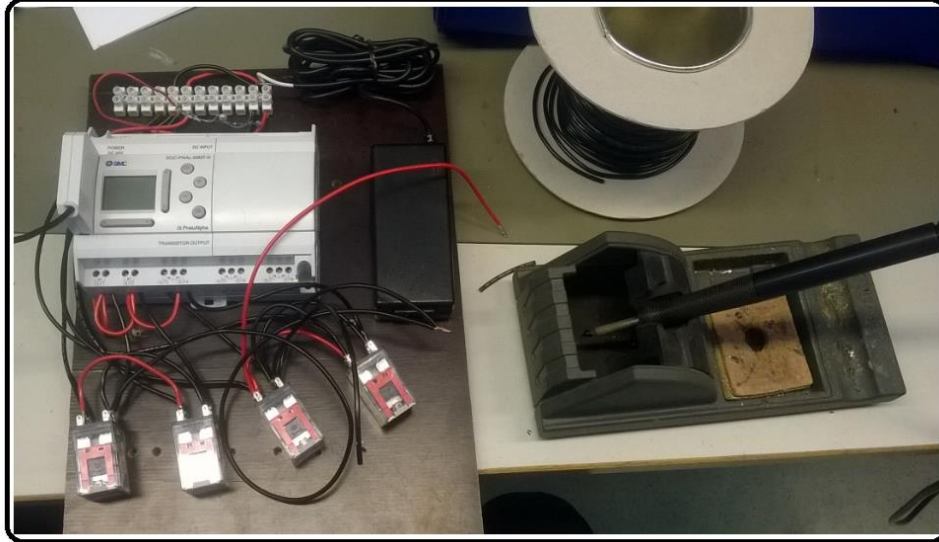


Kuva 26. Kattoluukun rajakytkin



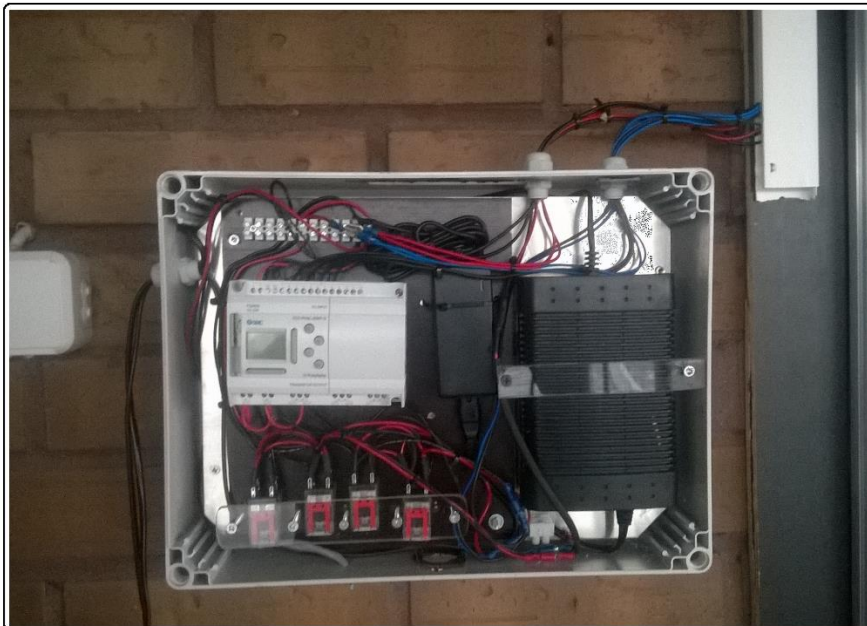
#### 9.4 Automatiikan kytkeminen

Automatiikan kytkennät aloitettiin kytkemällä releet juotosliitoksilla (kuva 27).



Kuva 27. Releiden kytkeminen

Kuvassa 28 näkyy logiikan ja virtalähteiden sijoittelu sähkökaappiin sekä kytkennät. Sähkökaappi on IP67 -luokiteltu, eli se on ulkokäyttöön soveltuva.



Kuva 28. Logiikka ja virtalähteet sijoitettiin sähkökaappiin

## 9.5 Johdotukset

Johdot asennettiin kaapelihyllyille (kuvat 29 ja 30). Johdotukset suojattiin siten, että ne eivät altistu mekaaniselle vaurioitumiselle.



Kuva 29. Kaapelihyllyt



Kuva 30. Johdotukset seinäluukuille

## 9.6 Testaus

Järjestelmän testaus aloitettiin, kun mekaaniset asennukset ja sähkökytkennät saatiin valmiiksi. Ohjelman toimivuutta testattiin ja simuloitiin ledeillä jo ennen kuin logiikka kytkettiin varsinaiseen toimintaympäristöön.

Valmiin järjestelmän testauksessa kokeiltiin seinäluukkujen ja kattoluukun avautumismekanismien toimivuutta.

### Testauksessa ilmenneet ongelmat

Testauksen aikana huomattiin, että seinäluukkujen toiminta oli epävarmaa. Seinäluukut kytkettiin sarjaan, jolloin vain toiselle luukulle kytkettiin rajakytkimet, joilla havainnoidaan luukkujen asentoa. Ongelmana oli, että toinen luukku ei kerennyt sulkeutua ja avautua kunnolla, kun toinen luukku oli jo saavuttanut rajakytkimet. Rajakytkinten saavuttaminen aiheuttaa sen, että virransyöttö moottoreille katkaistaan ja toinen luukku ei ehdi saavuttaa ääriasentojaan. Ongelma ratkaistiin asettamalla ohjelmaan aikaviive, joka viivästä rajakytkinten antamaa signaalia. Viivästyksen arvoksi asetettiin 0,5 s. Kyseinen viive riittää siihen, että molemmat luukut saavat ohjausvirtaa niin kauan, että ne saavuttavat ääriasentonsa.

Testauksen aikana huomattiin myös, että laskennallisesti saadut arvot lämpötilanturin tuottamasta jänniteviestistä rajalämpötiloissa eivät pitäneet täysin paikkaansa. Lämpötilojen raja-arvoja muokattiin ohjelmassa. Apuna oikean lämpötilan löytämisessä käytettiin yleismittariin kytkettävää lämpötilamittaria (kuva 31).





Kuva 31. Ohjelman muokkaamista testauksen aikana

## 10 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

Insinööriyön tuloksena saatiin suunniteltua mekanismit kattoluukun ja seinäluukujen aukaisuun sekä niihin tarvittavat komponentit. Lisäksi saatiin suunniteltua luukkujen toiminnan automatisointi ja automatisoinnin vaatimat oheislaitteet. Tehdyt suunnitelmat saatiin toteutettua ja ilmanvaihtojärjestelmä rakennettiin valmiiksi. Ilmanvaihtojärjestelmä saatiin toimimaan halutunlaisesti.

Seinäluukut olivat valmiita yksiköitä, ja niiden aukaisumekanismi oli mekaaninen. Seinäluukusta tehtiin 3D-malli SolidWorksilla, ja mallin avulla tutkittiin aukeamismekanismeja ja kuinka siitä olisi mahdollista tehdä sähkötoimisesti avattava. Suunnitelmissa päädyttiin käyttämään kammellista vaihteistomootoria, jonka liikkeellä luukku avattaisiin. Moottorista tehtiin 3D-malli, jonka avulla liikeratojen ja mekanismin toimintaa simuloitiin (kuva 32). Mekanismi rakennettiin suunnitelmien mukaiseksi ja se osoittautui toimivaksi.



Kuva 32. Sivuluukun mekanismin simulointi

Kattoluukun mekanismista tehtiin myös 3D-malli. 3D-mallin avulla kehitettiin ratkaisu, jolla kattoluukun aukaisu olisi järkevää. Mekanismi saatiin suunniteltua siten, että kasvihuoneen sisään jäävä liikevivusto ei vienyt suurta tilaa. Kuvassa näkyvät kiinnittimet ja sovitinholkki sekä aukaisuun käytettävä kampimoottori valmistettiin itse ammattikorkeakoulun protopajassa.

Kattoluukun aukaisumekanismista tuli toimiva, ja itse valmistetulla karamoottorilla päästiin pienempiin hintakustannuksiin. Kattoluukun aukeaminen on hillittyä ja hyvin hallittavissa rajakytkimien avulla.



Kuva 33. Kattoluukun mekanismi

Logiikkaan saatiin luotua ohjelma, joka suorittaa vaaditut toimenpiteet annetuilla ehdoilla. Ohjelma vaati hienosäätöä ja anturitietojen kalibrointia, mutta lopullinen tuotos toimii tarkoituksenmukaisesti ja on muokattavissa. Esimerkiksi lämpötilan raja-arvoja on mahdollista tarpeiden muuttuessa muokata.

Työn tuloksena syntyi myös logiikan kytkentäkaavio, jonka perusteella työ on toistettavissa. Logiikka kytkettiin laitehuoneeseen IP67-luokiteltuun sähkökaappiin. Kytkennät logiikkaan tehtiin luodun kytkentäkaavion mukaisesti ja suojattiin. Myös moottorien ja rajakytkimien kytkennöistä tehtiin sähkökaavio, jonka avulla kytkennät tehtiin lopulliseen kokoonpanoon (liite 2). Sähkökaavion perusteella kytkennät olisivat toistettavissa.

## 11 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja rakentaa automatisoitu ilmanvaihto laitehuoneeseen. Työ aloitettiin määrittelemällä työhön sisältyvät työvaiheet ja kar-toittamalla aiheet joista tuli hakea tietoa. Aiheen määrittelyn ja ratkaistavien ongel-mien löydyttyä luotiin ratkaisumalli, jolla työn vaiheita lähdettiin toteuttamaan.

Työ eteni siten, että työn vaiheet ja niihin sisältyvät tekniset ratkaisut mallinnettiin ja suunniteltiin. Erilaisia teknisiä ratkaisuja pohdittiin ja niistä valittiin ne, jotka tun-tuivat kaikkein toteutuskelpoisimmalta. Esimerkiksi sivuluukun aukaisuun kokeiltiin kahta erilaista aukaisutoimilaitetta, joista valittiin parempi

Työssä pyrittiin käyttämään toimintavarmoja komponentteja, mutta myös hinta otettiin huomioon. Esimerkiksi karamoottori päädyttiin valmistamaan itse kauppal-listen karamoottoreiden kalliin hinnan vuoksi. Rajakytkimien valinnassa tuli myös ottaa huomioon toimintavarmuus ja toimintaympäristö. Työssä hyödynnettiin kou-lulla olevia rajakytkimiä, jotka täyttivät vaatimukset.

Työ eteni loogisessa järjestyksessä siten, että ensin kerättiin tietoa, jonka pohjalta aihe määriteltiin. Tämän jälkeen siirryttiin suunnitteluvaiheeseen, jossa sovellettiin kerättyä tietoa. Suunnitteluvaiheen jälkeen siirryttiin toteutusvaiheeseen, jossa suunnitelmat tehtiin käytännössä. Toteutusvaiheen jälkeen järjestelmä testattiin ja kalibroitiin toimintakuntoon.

## LÄHTEET

1. Konesalien sähkönkulutus. luettu 03.05.2015 [WWW- dokumentti] [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat\\_ja\\_tilastot/Ympariston\\_tilan\\_indikaattorit/Ilmastomuutos\\_ja\\_energia/Energiankulutus\\_ei\\_ena\\_kasva%2828547%29](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Ympariston_tilan_indikaattorit/Ilmastomuutos_ja_energia/Energiankulutus_ei_ena_kasva%2828547%29)
2. Motiva 2011. Energiatehokas konesali. luettu 04.05.2015 [WWW- dokumentti] [http://www.motiva.fi/files/4828/Energiatehokas\\_konesali.pdf](http://www.motiva.fi/files/4828/Energiatehokas_konesali.pdf)
3. Bahnhof flips data center paradigm, using excess energy for heating. luettu 04.05.2015 [WWW- dokumentti] [http://www.rcrwireless.com/20141105/europe/data-center-bahnhof-flips-paradigm-using-excess-energy-for-heating-tag17?utm\\_source=feedburner&utm\\_medium=feed&utm\\_campaign=Feed:+rcrwireless/sLmV+%28RCR+Wireless+News%29](http://www.rcrwireless.com/20141105/europe/data-center-bahnhof-flips-paradigm-using-excess-energy-for-heating-tag17?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed:+rcrwireless/sLmV+%28RCR+Wireless+News%29)
4. Keinänen T., Kärkkäinen P., Metso T., Putkonen K. Koneautomaatio 2, Logiikat ja ohjausjärjestelmät. Tummavuoren kirjapaino Oy, Vantaa 2001, 169 s. ISBN 951-0-22601-7
5. What is A Programmable logic controller, luettu 14.04.2015, [WWW- dokumentti] <http://www.amci.com/tutorials/tutorials-what-is-programmable-logic-controller.asp>
6. SWIN- ohjelmointi peruskoulutus 022-FIN-9, luettu 17.04.2015 [WWW- dokumentti] [http://www.tekniikka.oamk.fi/~timohei/TL602Z/aineisto/syswin\\_peruskoulutusmateriaali.P](http://www.tekniikka.oamk.fi/~timohei/TL602Z/aineisto/syswin_peruskoulutusmateriaali.P)
7. Sähkökäyttöiset karamoottorit. Mekanex Maskin AB. Luettu 23.3.2015. [WWW- dokumentti] [http://www.mekanex.se/produkter/linjar/fi-elekt-riska\\_stalldon.shtml](http://www.mekanex.se/produkter/linjar/fi-elekt-riska_stalldon.shtml)
8. Karamoottori, trapetsiruuvi, sarja LMR 03. OEM Automatic OY. Luettu 1.4.2015. [WWW- dokumentti] [http://util.oem.se/pdf/Karamoottori\\_trapetsiruuvi\\_sarja\\_LMR\\_03\\_824099-518136.pdf](http://util.oem.se/pdf/Karamoottori_trapetsiruuvi_sarja_LMR_03_824099-518136.pdf)

9. Silvonen K. Sähkötekniikka ja elektroniikka. Hakapaino Oy, Helsinki 2003, 29 ja 70–71 s. ISBN 951-672-3335-7
10. 47k Thermistor Output Tablet. Luettu 27.3.2015 [WWW- dokumentti] [http://www.bapihvac.com/content/uploads/2011/01/Thermistor\\_47K.pdf](http://www.bapihvac.com/content/uploads/2011/01/Thermistor_47K.pdf)
11. Honeywell Sensing and Control GLDB01A1B. luettu 15.04.2015, [WWW- dokumentti] <http://www.digikey.com/product-detail/en/GLDB01A1B/480-3515-ND/2505345>
12. SMC Pneumatics, Hardware Manual. Luettu 22.03.2015 [WWW- dokumentti] <http://www.smcpneumatics.com/pdfs/smc/70IPNEUCONT.pdf>

## LIITTEET

Liite 1: NTC-Vastus datasivut

Liite 2: Sähkökaavio

Liite 3: Moottorin tekniset tiedot

Liite 4: Logiikkaohjelma

Liite 5: Rajakytkimen tekniset tiedot

Liite 6: Virtalähteen tekniset tiedot

Liite 7: Mekanex Oy: Karamoottorin tekniset tiedot

## H2

## Thermistor Overview

## BAPI Sensor Specifications



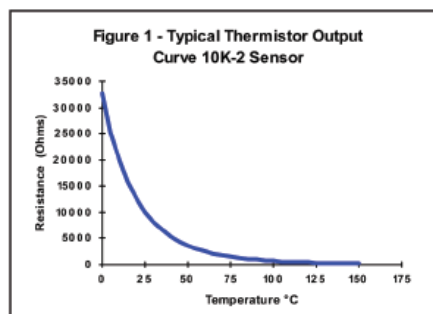
Rev. 10/16/12

**Thermistor Description**

BAPI Thermistors are thermally sensitive resistors known for exhibiting a large change in resistance with only a small change in temperature. It is important to note that a thermistor's change in resistance is non-linear. It follows a pre-defined curve which is provided by the thermistor manufacturer. An example of a thermistor output curve can be seen in **Figure 1**.

Thermistors are manufactured to follow a specific curve with a high degree of accuracy. All BAPI thermistors have a standard accuracy of  $\pm 0.2^\circ\text{C}$  throughout the commercial temperature range of 0 to 70  $^\circ\text{C}$ . BAPI also has available a higher accuracy sensor for meeting tougher specs. The extra precision [XP] line has an initial accuracy of  $\pm 0.1^\circ\text{C}$  throughout the commercial temperature range of 0 to 70  $^\circ\text{C}$ . Please call for availability and pricing on [XP] line thermistors. Both accuracy levels allow BAPI thermistors to be interchanged without the extra expense of offsetting the controller.

\* All Passive Thermistors 10K  $\Omega$  and smaller are CE compliant.

**Thermistor Specifications****DEFINITION OF SPECIFICATION TERMS**

**Interchangeability Tolerance (Accuracy):**  
The maximum amount that thermistors following the same curve will differ from each other.

**Dissipation Constant:**  
The power needed to raise the thermistor's body temperature by 1 $^\circ\text{C}$ . At the heart of all BAPI thermistor products is a sensor with a 2.7 mW/ $^\circ\text{C}$  dissipation constant to ensure that self-heating stays at an absolute minimum.

**Stability (drift):**  
The amount that the resistance characteristics of a thermistor will change. BAPI uses only the highest quality, "pre-aged" thermistors with very small drift values. Over a ten year span, BAPI thermistors will not change more than 0.1 $^\circ\text{C}$ .

**Operating Range:**  
The operating range shown is for the thermistor only. The mounting package may further limit the operating range and is described on each mounting type specification. The thermal time constant will also be affected based on the added mass of the stainless steel probe and moisture protection encapsulation.

**Thermal Time Constant**  
Bare sensors are typically measured and specified in still air and are timed at the statistical 63.2% of the step temperature change. A stirred liquid test will typically result in a much faster response time and is also timed at 63.2% of the step temperature change. The time constant is always the same whatever the temperature step change may be.

**Thermistor Specifications**

**Interchangeability Tolerance (Accuracy):**  
Standard Sensor:  $\pm 0.2^\circ\text{C}$  (0 to 70  $^\circ\text{C}$ )  
Wide Range Standard:  $\pm 0.4^\circ\text{C}$  (-55 to 150  $^\circ\text{C}$ )  
High Accuracy [XP] Sensor:  $\pm 0.1^\circ\text{C}$  (0 to 70  $^\circ\text{C}$ )  
Wide Range High Accuracy:  $\pm 0.2^\circ\text{C}$  (-55 to 150  $^\circ\text{C}$ )

**Dissipation Constant:** 2.7 mW/ $^\circ\text{C}$

**Stability (drift):** Less than 0.02  $^\circ\text{C}$  / year

**Thermal Time Constant:** 5 seconds (bead in still air)  
.5 seconds (stirred liquid)

Sensor Type	Reference Resistance	Operating Range
1.8K	1.8 K $\Omega$ @ 25 $^\circ\text{C}$	-55 to 150 $^\circ\text{C}$
2.2K	2.2 K $\Omega$ @ 25 $^\circ\text{C}$	-55 to 150 $^\circ\text{C}$
3K**	3 K $\Omega$ @ 25 $^\circ\text{C}$	-55 to 150 $^\circ\text{C}$
3.3K	3.3 K $\Omega$ @ 25 $^\circ\text{C}$	-55 to 150 $^\circ\text{C}$
10K-2**	10 K $\Omega$ @ 25 $^\circ\text{C}$	-55 to 150 $^\circ\text{C}$
10K-3**	10 K $\Omega$ @ 25 $^\circ\text{C}$	-55 to 150 $^\circ\text{C}$
10K-3(11K)**	5.2 K $\Omega$ @ 25 $^\circ\text{C}$	-55 to 150 $^\circ\text{C}$
20K**	20 K $\Omega$ @ 25 $^\circ\text{C}$	-55 to 150 $^\circ\text{C}$
47K	47 K $\Omega$ @ 25 $^\circ\text{C}$	-55 to 150 $^\circ\text{C}$
50K	50 K $\Omega$ @ 25 $^\circ\text{C}$	-80 to 150 $^\circ\text{C}$
100K**	100 K $\Omega$ @ 25 $^\circ\text{C}$	-55 to 150 $^\circ\text{C}$

Other Thermistors are available. Contact BAPI for availability and specifications of additional thermistors.

\*\*Available as an [XP] high accuracy sensor.  
Example: BA/10K-2[XP]-I-2" (immersion sensor)



Building Automation Products, Inc. • 750 North Royal Avenue, Gays Mills, WI 54631 USA  
Tel: +1-608-735-4800 • Fax: +1-608-735-4804 • Email: sales@bapivac.com • Web: www.bapivac.com



**H12 47K Thermistor Output Table**

BAPI Sensor Specifications

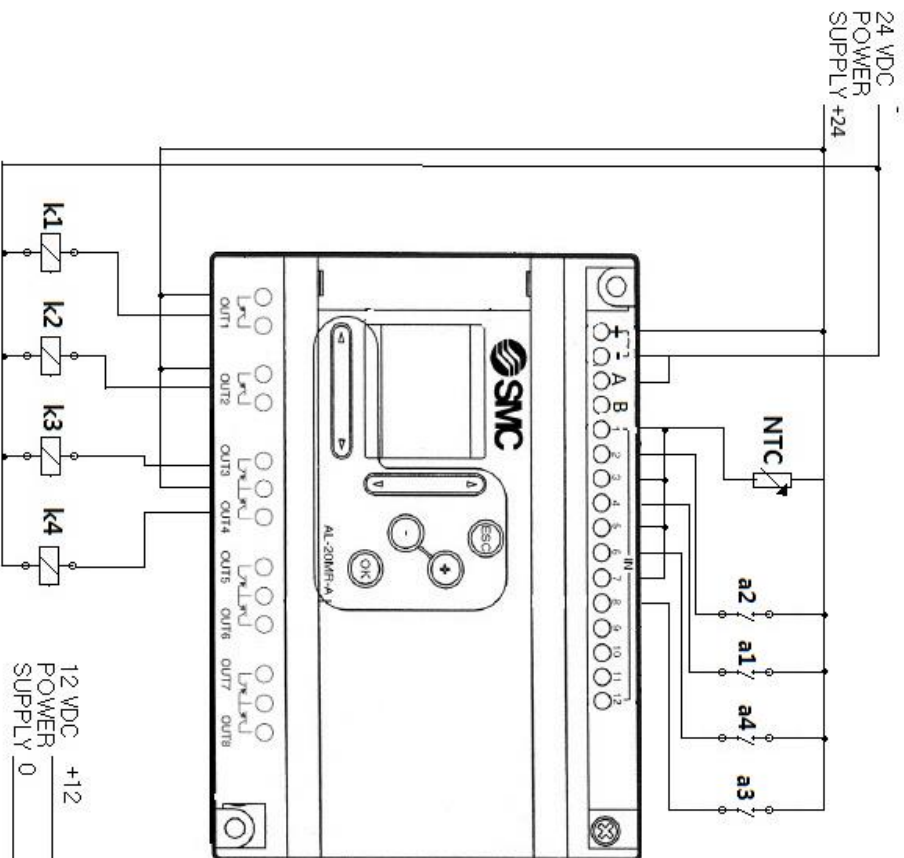
Rev. 10/16/12

**47K Thermistor Output Table**

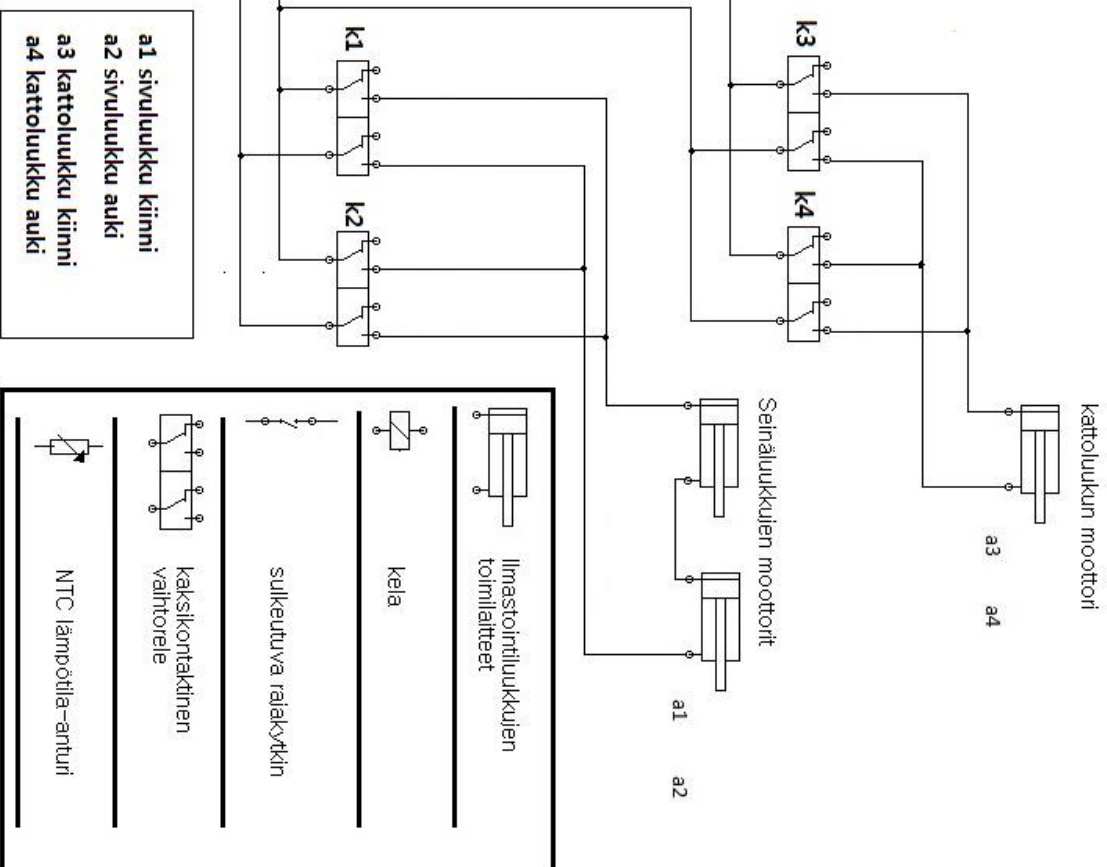
°F	°C	Ohms	°F	°C	Ohms	°F	°C	Ohms
-39	-39.44	1531956	37	2.78	135211	113	45.00	20153
-37	-38.33	1425406	39	3.89	127847	115	46.11	19278
-35	-37.22	1326920	41	5.00	120927	117	47.22	18445
-33	-36.11	1235843	43	6.11	114422	119	48.33	17653
-31	-35.00	1151576	45	7.22	108304	121	49.44	16899
-29	-33.89	1073571	47	8.33	102549	123	50.56	16175
-27	-32.78	1001327	49	9.44	97134	125	51.67	15493
-25	-31.67	934386	51	10.56	91991	127	52.78	14842
-23	-30.56	872330	53	11.67	87192	129	53.89	14223
-21	-29.44	814274	55	12.78	82672	131	55.00	13632
-19	-28.33	760902	57	13.89	78412	133	56.11	13070
-17	-27.22	711353	59	15.00	74395	135	57.22	12533
-15	-26.11	665333	61	16.11	70608	137	58.33	12021
-13	-25.00	622569	63	17.22	67035	139	59.44	11533
-11	-23.89	582814	65	18.33	63663	141	60.56	11064
-9	-22.78	545838	67	19.44	60480	143	61.67	10620
-7	-21.67	511432	69	20.56	57448	145	62.78	10196
-5	-20.56	479403	71	21.67	54611	147	63.89	9791
-3	-19.44	449314	73	22.78	51929	149	65.00	9404
-1	-18.33	421538	75	23.89	49395	151	66.11	9035
1	-17.22	395646	77	25.00	46998	153	67.22	8682
3	-16.11	371501	79	26.11	44731	155	68.33	8345
5	-15.00	348974	81	27.22	42586	157	69.44	8022
7	-13.89	327948	83	28.33	40557	159	70.56	7711
9	-12.78	308315	85	29.44	38635	161	71.67	7416
11	-11.67	289975	87	30.56	36799	163	72.78	7135
13	-10.56	272835	89	31.67	35076	165	73.89	6865
15	-9.44	256671	91	32.78	33443	167	75.00	6607
17	-8.33	241692	93	33.89	31895	169	76.11	6359
19	-7.22	227677	95	35.00	30428	171	77.22	6123
21	-6.11	214557	97	36.11	29036	173	78.33	5896
23	-5.00	202271	99	37.22	27715	175	79.44	5679
25	-3.89	190762	101	38.33	26462	177	80.56	5469
27	-2.78	179975	103	39.44	25272	179	81.67	5270
29	-1.67	169862	105	40.56	24133	181	82.78	5079
31	-0.56	160377	107	41.67	23061	183	83.89	4896
33	0.56	151399	109	42.78	22042	185	85.00	4721
35	1.67	143050	111	43.89	21073	187	86.11	4552



Building Automation Products, Inc. • 750 North Royal Avenue, Gays Mills, WI 54631 USA  
 Tel: +1-608-735-4800 • Fax: +1-608-735-4804 • Email: sales@bapihvac.com • Web: www.bapihvac.com



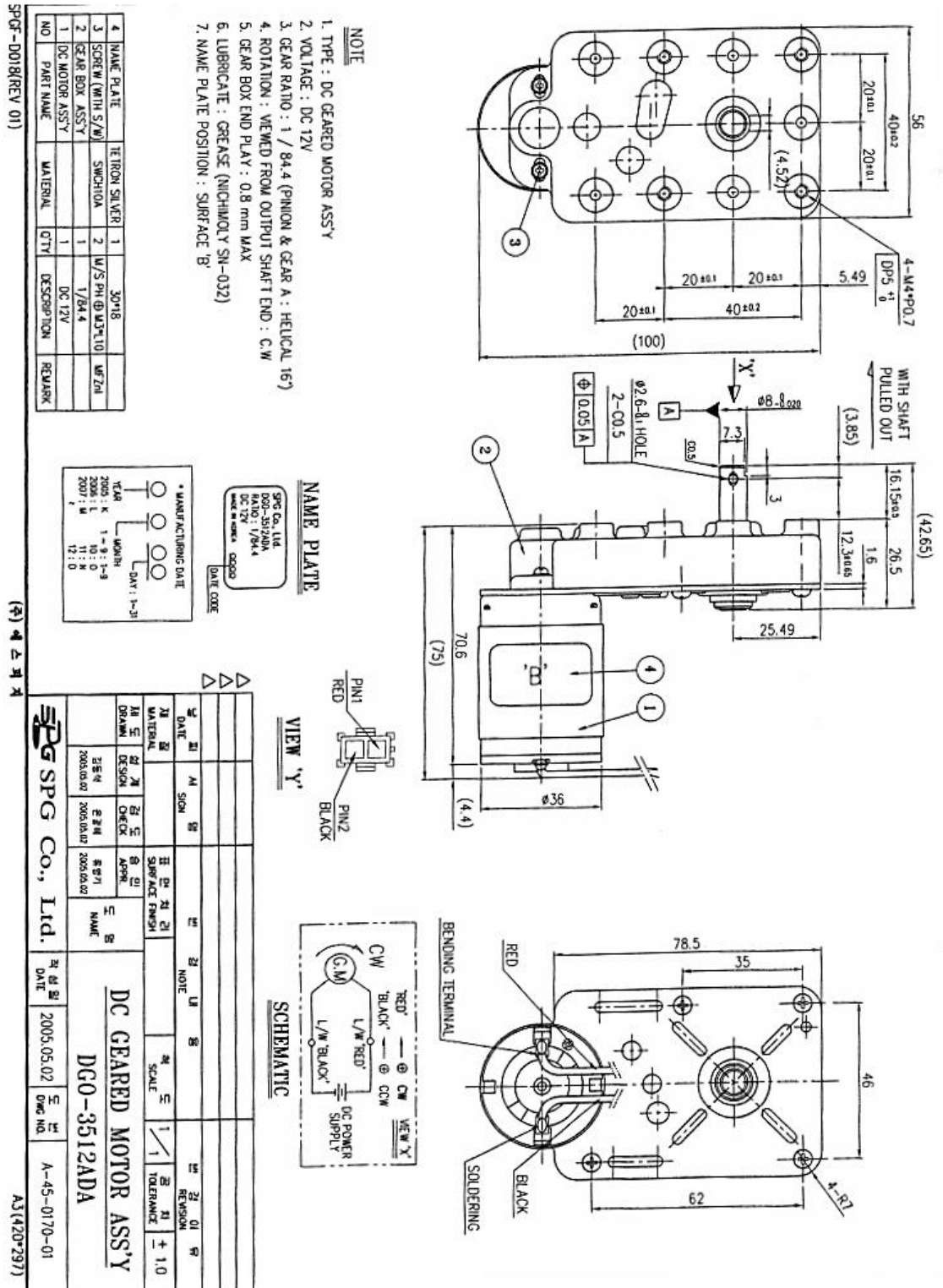
© Antero Tuohineva 2.4.2015



# Tuotteen kuvaus:

## Technische Daten:

- Betriebsspannung 3...12 V-
- Stromaufnahme ca. 0,4 A
- Drehzahl bei 3 V: 7,5 U/min, 6 V: 15 U/min, 12 V: 30 U/min
- Motormaße ohne Welle (Lxø): 52x36 mm,
- Getriebemaße: 91x56x22 mm, Welle (Lxø): 16x8 mm.



--- 전기적 사양 (ELECTRICAL SPECIFICATION) ---

5. MOTOR 성능

5-1. DC GEARED MOTOR ASS'Y 특성 (DC GEARED MOTOR ASS'Y CHARACTERISTICS)

1) 무부하특성 (NO LOAD CHARACTERISTICS)

- |                           |                    |
|---------------------------|--------------------|
| ① 전류 (CURRENT)            | : MAX. 0.2 (A)     |
| ② 회전수 (REVOLUTION)        | : 32.0 +4/-2 (rpm) |
| ③ 기동전압 (STARTING VOLTAGE) | : MAX. 2.0 (V)     |

2) 구속특성 (LOCKING CHARACTERISTICS)

- |                          |                                 |
|--------------------------|---------------------------------|
| ① 구속전류 (LOCKING CURRENT) | : MAX. 2.2 (A)                  |
| ② 구속토크 (LOCKING TORQUE)  | : MIN. 36 (kgf.cm) / 3.53 (N.m) |

5-2. DC MOTOR 단품특성 (ONLY DC MOTOR CHARACTERISTICS) :

1) 무부하특성 (NO LOAD CHARACTERISTICS)

- |                           |                     |
|---------------------------|---------------------|
| ① 전류 (CURRENT)            | : MAX. 0.15 (A)     |
| ② 회전수 (REVOLUTION)        | : 2800 ± 10 % (rpm) |
| ③ 기동전압 (STARTING VOLTAGE) | : MAX. 1.5 (V)      |

2) 정격부하특성 (RATED LOAD CHARACTERISTICS)

- |                       |                                 |
|-----------------------|---------------------------------|
| ① 정격토크 (RATED TORQUE) | : 0.114 (kgf.cm) / 0.01117(N.m) |
| ② 전류 (CURRENT)        | : 0.4 ± 20 % (A)                |
| ③ 회전수 (REVOLUTION)    | : 2280 ± 10 % (rpm)             |
| ④ 출력 (OUTPUT)         | : - (W)                         |

3) 구속특성 (LOCKING CHARACTERISTICS)

- |                          |                                     |
|--------------------------|-------------------------------------|
| ① 구속전류 (LOCKING CURRENT) | : MAX. 2.2 (A)                      |
| ② 구속토크 (LOCKING TORQUE)  | : MIN. 0.62 (kgf.cm) / 0.0608 (N.m) |

6. 절연내력 (DIELECTRIC STRENGTH)

: MOTOR의 COIL과 CASE간에 AC 600V 1초간 인가하여 이상 없을것. (차단전류 10mA)

(Motor shall withstand a potential of AC 600V for 1 second duration between lead wire and case - leakage current 10mA)

7. 절연저항 (INSULATION RESISTANCE)

: MOTOR와 COIL과 CASE간에 DC 500V MEGA로 측정하여 10 MΩ 이상일것.

(Minimum 10 MΩ over at DC 500V MEGA between lead wire and case)

8. 온도상승 (TEMPERATURE RISE)

8-1. BRUSH HOLDER : ΔT = MAX. - deg.

8-2. PIPE HOUSING : ΔT = MAX. 70 deg.

--- 기계적 사양 (MECHANICAL SPECIFICATION) ---

10. 축 흔들림 (SHAFT RUNOUT)
  - 1) DC MOTOR (ARMATURE SHAFT) : MAX. 0.05 mm (SHAFT END 3 mm OF MEASUREMENT)
  - 2) GEAR BOX (OUTPUT SHAFT) : -
11. 축 엔드플레이 (ENDPLAY GAP)
  - 1) DC MOTOR (ARMATURE SHAFT) : MAX. 0.5 mm
  - 2) GEAR BOX (OUTPUT SHAFT) : MAX. 0.8 mm
12. 축수구조 (BEARING)
  - 1) DC MOTOR : OIL IMPREGNATED SINTERED BEARING
  - 2) GEAR BOX : OIL IMPREGNATED SINTERED BEARING
13. 윤활유 (LUBRICATION)
  - 1) DC MOTOR : -
  - 2) GEAR BOX : Grease (Nichimoly : SN-032)
14. 진동 (VIBRATION) : 사용상 이상없을것 (No problem in used)
15. 소음 (NOISE) : MAX. 45 dB  
 (정격전압/부하조건[pulley 3.5cm+2kg weigh]/GEAR BOX 출력측 50cm거리에서  
 "A" SCALE로 측정할것. 단, 암소음은 25dBA 이하일것.)  
 (Measured with "A" scale from 50 cm of the gear box front. At rated voltage  
 and load [pulley 3.5cm+2kg weigh] condition, with background 25dBA )
16. 내구성 (DURABILITY) : MIN. 1,000 Hour (MOTOR단품, 150g-cm 부하)  
 (only motor, load 150g-cm)
17. 중량 (WEIGHT) : 약 0.35 Kg  
 ( about 0.35 kg)
18. 단자배선 (LEAD WIRE)
  - 18-1. DC MOTOR 출력측 CW 기준 : RED : (-), BLACK : (+)  
 (Direction of rotation dc motor : C.W)
  - 18-2. DC GEARED MOTOR 출력측 CW 기준 : RED : (+), BLACK : (-)  
 (Direction of rotation dc geared motor : C.W)
19. 제품표기 (LABEL) : 첨부 외관도 참조할것 (A-4S-0170-01)  
 REFER TO (A-4S-0170-01)
20. 외관 (DIMENSION) : 첨부 외관도 참조할것 (A-4S-0170-01)  
 REFER TO (A-4S-0170-01)

--- 일반적 사양 (NORMAL SPECIFICATION) ---

1. MODEL SIZE :  $\phi 35$  mm

2. 적용범위 (APPLICATION)

본 사양서는 'DREAM TECHNOLOGY' 에 납품하는 D.C Geared Motor 에 대하여 규정한다.

(This document specifies D.C Geared Motor for 'DREAM TECHNOLOGY'.)

3. MOTOR 종류 (TYPE OF MOTOR) : 영구자석형 DC MOTOR (PERMANENT MAGNET DC MOTOR)

4. 표준사용상태 및 조건 (STANDARD OPERATING CONDITION AND REQUIREMENTS)

- |                                          |                      |
|------------------------------------------|----------------------|
| 4-1. 정격전압 (RATED VOLTAGE) :              | DC 12 V              |
| 4-2. 사용전압 (OPERATING VOLTAGE) :          | DC 9.6 ~ 14.4 V      |
| 4-3. 회전방향 (DIRECTION OF ROTATION) :      | CW                   |
| 4-4. MOTOR 사용상태 (OPERATING POSITION) :   | Vertical             |
| 4-5. 사용정격 (WORKING RATED) :              | Intermittent         |
| 4-6. 절연등급 (INSULATION LEVEL) :           | A Class              |
| 4-7. 사용온도범위 (TEMPERATURE RANGE) :        | - 10 °C ~ + 40 °C    |
| 4-8. 보존온도범위 (KEEPINGTEMPERATURE RANGE) : | - 10 °C ~ + 65 °C    |
| 4-9. 사용습도범위 (HUMIDITY RANGE) :           | MAX. RH 80% (결로 없을것) |
| 4-10. 감속비 (GEAR RATIO) :                 | 1/84.4               |

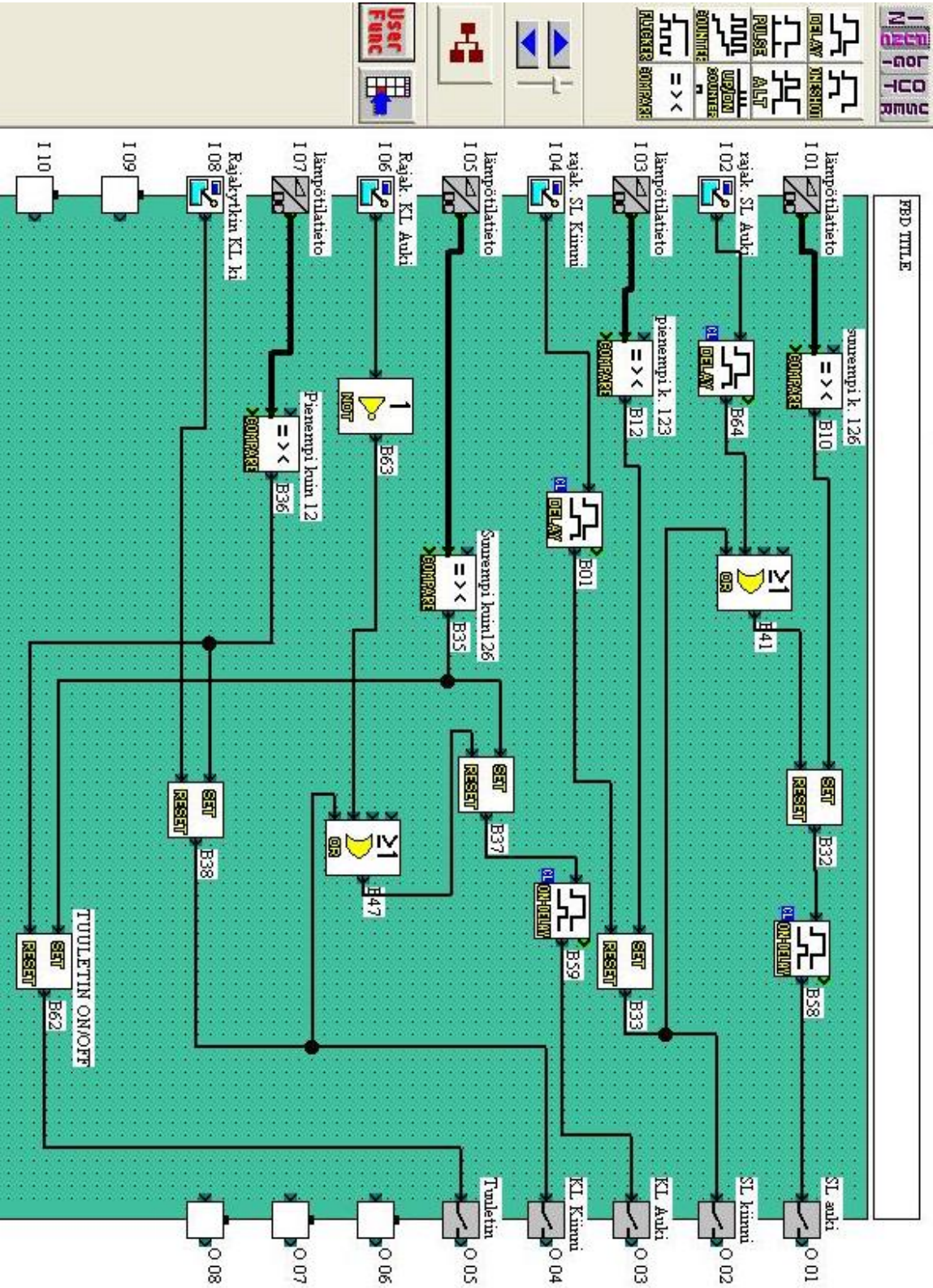
GEAR BOX 최대 허용 토크는 15 kgf.cm 이하일 것.

(The maximum permissible gear box torque is 15 kgf.cm)

4-12. 보호장치 (PROTECTION) : -

4-13. 코깅 토크 (COGGING TORQUE) : -





<b>Circuit</b>	SPDT
<b>Switch Function</b>	On-Mom
<b>Current Rating</b>	6A (AC), 550mA (DC)
<b>Voltage Rating - AC</b>	120V
<b>Voltage Rating - DC</b>	125V
<b>Actuator Type</b>	Side Rotary, Roller
<b>Mounting Type</b>	Chassis Mount
<b>Termination Style</b>	Screw Terminal
<b>Ingress Protection</b>	IP67 - Dust Tight, Waterproof
<b>Features</b>	Steel Roller
<b>Operating Force, Torque</b>	1.100 in-lb
<b>Release Force</b>	-
<b>Pretravel</b>	26°
<b>Differential Travel</b>	12°
<b>Overtravel</b>	49°
<b>Operating Position</b>	26°
<b>Mechanical Life</b>	10,000,000 Cycles
<b>Electrical Life</b>	-
<b>Operating Temperature</b>	-40°C ~ 85°C
<b>Online Catalog</b>	<a href="#">GLS Series</a>
<b>Other Names</b>	480-3515 GLDB01A1B-ND

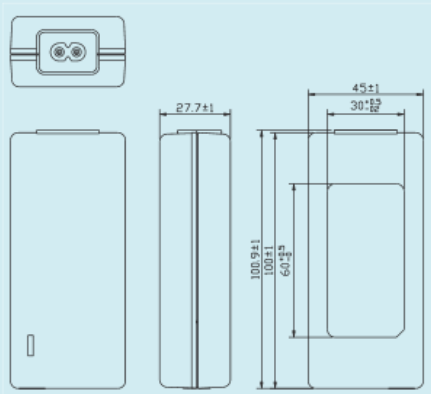




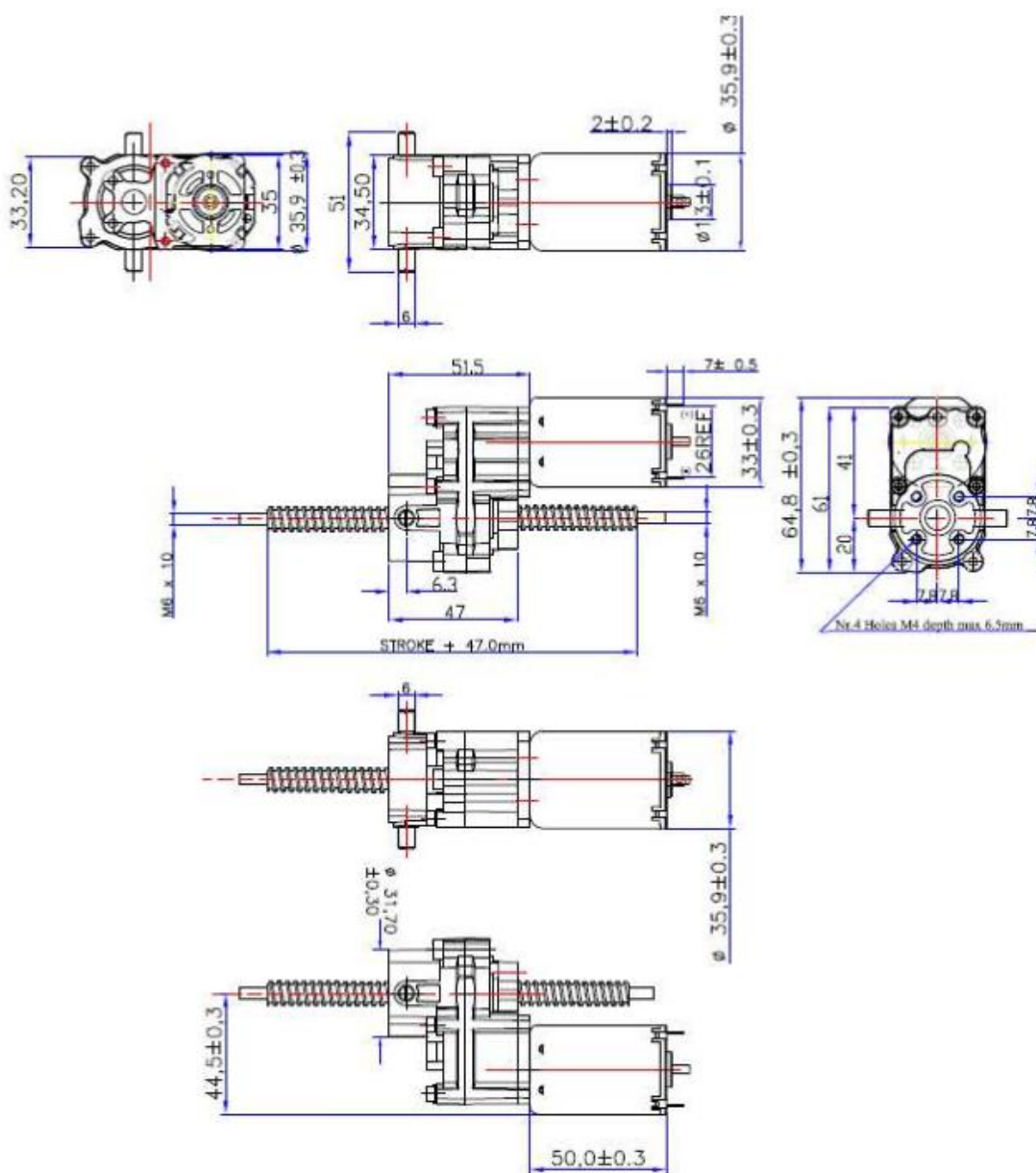
## SA130B-XXU

[www.sac-ontop.com.tw](http://www.sac-ontop.com.tw)

### 30W Switching Adapter

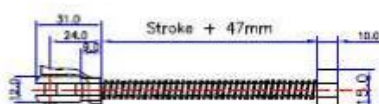
<b>Input</b>					<b>Electrical</b>	
Rated Voltage	100 - 240 VAC				Topology	Switching Mode
Max. Voltage	90 - 264 VAC				Hi-Pot	3000 Vac/1sec @ 5mA (primary - secondary)
Line Frequency	47 - 63 Hz				Leakage Current	≤ 0.25mA,at 264VAC/50Hz
Current	1000mA at 100-240VAC				Hold Up Time	≥ 8 mSec
Configuration	IEC-320, C8 2PIN				Standby Power	≤ 0.3 Watt
					EMI	Complies with EMI directives
<b>Output</b>					Energy Star Requirement	EPS 2.0 (Efficiency Level V)
Model Name	Voltage	Current	Watt	Efficiency	ErP Requirement	Efficiency Level : Stage 2
SA130B-09U	9V	3.0A	27W	75%	MEPS Requirement	Efficiency Level: V
SA130B-12U	12V	2.5A	30W	78%		
SA130B-15U	15V	2.0A	30W	80%	<b>Mechanical</b>	
SA130B-24U	24V	1.25A	30W	80%	Case Size	100L x 45W x 27.7H mm
SA130B-27U	27V	1A	27W	80%	Case Material	Black, 94V-1 or equivalent
Line Regulation	Less than ±2%				Weight	177±10g
Load Regulation	Less than ±5%				DC Cord	4.92ft
Protections	OCP, OVP & Short circuit				LED Indicator	Option
Ripple & Noise	≤100mVp-p max. for 9V ≤1% Vo (for 12V, 15V, 24V, 27V)					
<b>Environment</b>						
Operating Temp.	0°C - 40°C					
Storage Temp.	-20°C - 80°C					
Operating Humidity	10% - 90% (Non-condensing)					
RoHS & WEEE	Standard					
<b>Reliability</b>						
MTBF	50,000 hrs (by MIL-217 Standard)					
Safety	ITE: UL, CSA, TUV, CB, CE (for 9V, 12V, 24V, 27V)					
<b>Others</b>					For reference only. For details please contact your local sales representative.	
Package	60 pcs/box					
Min. Order	1K pcs/lot					
Warranty	1 year					

## LINEAR ACTUATOR



Standard Stroke:

50mm - 100mm - 150mm - 200mm - 250mm - 300mm



Options for the end top of the stroke:

- Fork DIN 71752
- Round end top.

## LINEAR ACTUATOR SERIE

### Electric performances

Article	Ratio	Nominal Voltage	No Load Speed	Nominal Load	Nominal Current	Max. Load
			mm/s			
PD4.RED - 2861	1:10	12.0	26.5	30,00	$\geq 1.30$	70
PD4.BLUE - 2861	1:34	12.0	8.50	90,00	$\geq 1.30$	200
PD4.GREEN - 2861	1:90	12.0	3.00	230,00	$\geq 1.30$	350

Article	Ratio	Nominal Voltage	No Load Speed	Nominal Load	Nominal Current	Max. Load
			mm/s			
PD4.RED - 16205	1:10	24.0	16.0	25,00	$\geq 0.360$	55
PD4.BLUE - 16205	1:34	24.0	4.60	70,00	$\geq 0.360$	120
PD4.GREEN - 16205	1:90	24.0	1.70	150,00	$\geq 0.360$	210

Article	Ratio	Nominal Voltage	No Load Speed	Nominal Load	Nominal Current	Max. Load
			mm/s			
PD4.RED - 22128	1:10	12.0	13.0	15,00	$\geq 0.350$	60,00
		24.0	26.5	30,00	$\geq 0.650$	100,00
PD4.BLEU - 22128	1:34	12.0	4.0	75,00	$\geq 0.350$	150,00
		24.0	8.5	100,00	$\geq 0.650$	250,00
PD4.GREEN - 22128	1:90	12.0	1.5	210,00	$\geq 0.350$	250,00
		24.0	3.0	200,00	$\geq 0.650$	350,00

- Working temperature: -10°C ~ +60°C
- Housing in zamac die-casting
- Direction of rotation according to polarity
- Pinion and gears in metal cutting gear
- Possibility to deliver the linear actuator with hall sensor magnetic encoder
- Possibility to deliver the linear actuator with PTC